



Religación
Press

Carlos Alberto Raymundo García
Carmen Lucila Infante Saavedra
María Alicia Suxe Ramírez
Víctor Ángel Ancajima Miñán
Noelia Paola Saavedra Nizama

Radiación UV en el Campus

*Diseñando espacios educativos
seguros y sostenibles*



Radiación UV en el Campus

Diseñando espacios educativos seguros y sostenibles

Carlos Alberto Raymundo García, Carmen Lucila Infante Saavedra,
María Alicia Suxe Ramírez, Víctor Ángel Ancajima Miñán,
Noelia Paola Saavedra Nizama

Quito, Ecuador

| 2025 |

UV Radiation on Campus

Designing Safe and Sustainable Educational Spaces

Radiação UV no Campus

Projetando Espaços Educacionais Seguros e Sustentáveis

Religación Press

[Ideas desde el Sur Global]

Equipo Editorial

Editorial team

Ana B. Benalcázar

Editora Jefe / Editor in Chief

Felipe Carrión

Director de Comunicación / Scientific Communication Director

Melissa Díaz

Coordinadora Editorial / Editorial Coordinator

Sarahi Licango Rojas

Asistente Editorial / Editorial Assistant

Consejo Editorial

Editorial Board

Jean-Arsène Yao

Dilrabo Keldiyorovna Bakhronova

Fabiana Parra

Mateus Gamba Torres

Siti Mistima Maat

Nikoleta Zampaki

Silvina Sosa

Religación Press, es parte del fondo editorial del Centro de Investigaciones CICSHAL-RELIGACIÓN | Religación Press, is part of the editorial collection of the CICSHAL-RELIGACIÓN Research Center |

Diseño, diagramación y portada | Design, layout and cover: Religación Press.

CP 170515, Quito, Ecuador. América del Sur.

Correo electrónico | E-mail: press@religacion.com

www.religacion.com

Disponible para su descarga gratuita en | Available for free download at
<https://press.religacion.com>

Este título se publica bajo una licencia de Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)
This title is published under an Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) license.



Derechos de autor | Copyright: Religación Press, Carlos Alberto Raymundo García, Carmen Lucila Infante Saavedra, María Alicia Suxe Ramírez, Víctor Ángel Ancajima Miñán, Noelia Paola Saavedra Nizama

Primera Edición | First Edition: 2025

Editorial | Publisher: Religación Press

Materia Dewey | Dewey Subject: 727 - Edificios para educación e investigación

Clasificación Thema | Thema Subject Categories: AMC - Estructura y diseño arquitectónicos | RNC - Ecología aplicada | TNC - Ingeniería de estructuras

BISAC: TEC005030

Público objetivo | Target audience: Profesional / Académico | Professional / Academic

Colección | Collection: Ingeniería

Soporte | Format: PDF / Digital

Publicación | Publication date: 2025-11-06

ISBN: 978-9942-561-89-3

Título: Radiación UV en el Campus. Diseñando espacios educativos seguros y sostenibles

Nota obra derivada: El libro retoma y amplía, mediante el trabajo colaborativo de un grupo de investigadores, los hallazgos y aportes presentados en la tesis original, enriqueciendo su contenido con nuevos enfoques, análisis y perspectivas que profundizan en los temas abordados en "Diseño de un sistema de alerta para mitigar del impacto de la radiación solar UV en la población universitaria de la Universidad Nacional de Piura" presentada ante la Universidad Nacional de Piura por Carlos Alberto Raymundo García en 2024.

Note: The book takes up and expands, through the collaborative work of a group of researchers, the findings and contributions presented in the original dissertation, enriching its content with new approaches, analyses and perspectives that deepen the topics addressed in "Diseño de un sistema de alerta para mitigar del impacto de la radiación solar UV en la población universitaria de la Universidad Nacional de Piura" presented to the Universidad Nacional de Piura by Carlos Alberto Raymundo García in 2024.

[APA 7]

Raymundo García, C. A., Infante Saavedra, C. L., Suxe Ramírez, M. A., Ancajima Miñán, V. A., y Saavedra Nizama, N. P. (2025). *Radiación UV en el Campus. Diseñando espacios educativos seguros y sostenibles*. Religación Press. <https://doi.org/10.46652/ReligacionPress.357>

Revisión por pares

La presente obra fue sometida a un proceso de evaluación mediante el sistema de dictaminación por pares externos bajo la modalidad doble ciego. En virtud de este procedimiento, la investigación que se desarrolla en este libro ha sido avalada por expertos en la materia, quienes realizaron una valoración objetiva basada en criterios científicos, asegurando con ello la rigurosidad académica y la consistencia metodológica del estudio.

Peer Review

This work was subjected to an evaluation process by means of a double-blind peer review system. By virtue of this procedure, the research developed in this book has been endorsed by experts in the field, who made an objective evaluation based on scientific criteria, thus ensuring the academic rigor and methodological consistency of the study.

Sobre los autores

About the authors

Carlos Alberto Raymundo García

Universidad Nacional de Piura | Piura | Perú
<https://orcid.org/0000-0001-8130-4636>
craymundog@unp.edu.pe
charlesray39@hotmail.com

Licenciado en Física por la Universidad Nacional de Piura, Maestría en Matemática Aplicada por la Universidad Nacional de Piura, Doctorado en la Universidad Nacional de Piura, docente adscrito al departamento de física de la Universidad Nacional de Piura.

Carmen Lucila Infante Saavedra

Universidad Nacional de Piura | Piura | Perú
<https://orcid.org/0000-0002-5772-8807>
cinfantes@unp.edu.pe

Ingeniero Industrial con orientación en Sistemas e Informática, Magister en Informática, Doctora en Tecnologías de Información y Comunicación, Doctoranda en Administración de Empresas, Certificada por la Universidad de Liverpool en el curso Adaptación e implementación de cursos virtuales, asesora y jurado de tesis de pregrado y posgrado, miembro del equipo de Semilleros de Investigación, docente principal hace 25 años de la Universidad Nacional de Piura e Investigadora RENACYT registrado en CONCYTEC.

María Alicia Suxe Ramírez

Universidad César Vallejo | Chimbote | Perú
<https://orcid.org/0000-0002-1358-4290>
msuxer@ucvvirtual.edu.pe
aliciasuxe@hotmail.com

Ingeniero Informático y de Sistemas, con 18 años de desempeño en el sector educativo superior, maestría en Educación, doctorado en ingeniería informática y de sistemas, con conocimientos en cursos virtuales, semipresenciales, diseño CAD, diseño gráfico, diseño web, programación, administración de redes, elaboración y asesoramiento de proyectos e informes de investigación, artículos científicos, RSL, jurado de tesis en pregrado y posgrado.

Víctor Ángel Ancajima Miñán

Universidad César Vallejo | Piura | Perú
<https://orcid.org/0000-0002-3122-4512>
vaancajimaa@ucvvirtual.edu.pe
vancajimam@gmail.com

Doctor en Tecnologías de Información y Comunicación, Magíster en Gestión de TIC e Ingeniero de Sistemas. Docente universitario de pregrado, Maestría y Doctorado. Auditor y Consultor en Tecnologías de Información. Asesor en investigación científica. Ponente en temas de TIC, Educación e Investigación. Investigador RENACYT registrado en CONCYTEC.

Noelia Paola Saavedra Nizama

Universidad Tecnológica del Perú | Piura | Perú
<https://orcid.org/0009-0005-1647-9954>
c20190@utp.edu.pe
nopasani12@hotmail.com

Ing. Informática, MBA, Doctora en TIC por la Universidad Nacional de Piura. Estudios en IA por University of California, Berkeley, Haas School of Business y EVA Virtual Educa-Argentina. Con experiencia en Gestión, Entornos Virtuales Aprendizaje, Marketing Digital y Docencia Universitaria.

Resumen

La energía solar fotovoltaica es clave para la transición energética, pero su intermitencia, causada por las condiciones atmosféricas, desafía su integración estable a la red. Las herramientas de planificación, como los atlas solares, son insuficientes por basarse en promedios que no capturan la variabilidad real, lo que lleva a un mal dimensionamiento de los proyectos. Este problema adquiere una urgencia única en Piura, Perú. La región no solo sufre esta inconsistencia energética, sino que su abundante radiación solar genera un alto riesgo de cáncer de piel para su población. Frente a esta doble problemática, esta investigación se propuso diseñar un sistema de alerta integral para la comunidad universitaria de la Universidad Nacional de Piura. El proyecto recopiló datos de radiación UV durante un año, analizó su impacto en la población y desarrolló una propuesta tecnológica para mitigar el riesgo sanitario mediante alertas en tiempo real, combinando tecnología y concienciación para un campus más seguro.

Palabras clave:

Radiación UV, sistema de alerta, cáncer de piel, universidad, prevención.

Abstract

Photovoltaic solar energy is pivotal for the energy transition; however, its intermittency, caused by atmospheric conditions, challenges its stable integration into the grid. Planning tools, such as solar atlases, are insufficient as they rely on averages that fail to capture real variability, leading to the improper sizing of projects. This problem takes on a unique urgency in Piura, Peru. The region not only suffers from this energy inconsistency, but its abundant solar radiation also poses a high risk of skin cancer for its population. Confronting this dual problem, this research aimed to design a comprehensive alert system for the university community of the National University of Piura. The project collected UV radiation data over one year, analyzed its impact on the population, and developed a technological proposal to mitigate the health risk through real-time alerts, combining technology and awareness for a safer campus.

Keywords:

UV radiation, alert system, skin cancer, university, prevention.

Resumo

A energia solar fotovoltaica é fundamental para a transição energética, mas sua intermitência, causada pelas condições atmosféricas, desafia sua integração estável à rede. Ferramentas de planejamento, como os atlas solares, são insuficientes por se basearem em médias que não capturam a variabilidade real, o que leva à má dimensionamento dos projetos. Este problema adquire uma urgência única em Piura, no Perú. A região não apenas sofre com esta inconsistência energética, mas a sua abundante radiação solar gera um alto risco de câncer de pele para a sua população. Perante esta dupla problemática, esta investigação propôs-se a conceber um sistema de alerta integral para a comunidade universitária da Universidade Nacional de Piura. O projeto recolheu dados de radiação UV durante um ano, analisou o seu impacto na população e desenvolveu uma proposta tecnológica para mitigar o risco sanitário mediante alertas em tempo real, combinando tecnologia e conscientização para um campus mais seguro.

Palavras-chave:

Radiação UV, sistema de alerta, câncer de pele, universidade, prevenção.

CONTENIDO

Revisión por pares	6
Peer Review	6
Sobre los autores	8
About the authors	8
Resumen	10
Abstract	10
Resumo	11
Introducción	18
 Capítulo I	
El Dilema Energético: La Intermitencia Solar como Obstáculo para la Transición Energética	22
La Doble Exposición de Piura: Entre la Ineficiencia Energética y el Riesgo Sanitario	25
Hacia un Campus Resiliente: integrando Tecnología y Conciencia para un Futuro Sostenible	27
 Capítulo II	
Cimientos del Conocimiento. Explorando los Antecedentes en el Estudio de la Radiación Ultravioleta	30
Fundamentos Científicos: De la Naturaleza de la Luz Solar a la Cuantificación del Riesgo UV	37
Escala del Riesgo Solar: Clasificación e Interpretación del Índice Ultravioleta para la Protección de la Salud	40
El Índice Ultravioleta: de la Medición Física a la Información Pública	40
Interpretando la Escala: del Valor Numérico a la Acción Preventiva	41
Estrategias de Fotoprotección: Hacia una Cultura de Prevención del Daño Solar	42
La Dualidad de la Radiación UV: entre el Beneficio Terapéutico y el Riesgo para la Salud	44
Manifestaciones Clínicas y Estrategias Avanzadas de Protección	46
 Capítulo III	
Diseñando el Espejo. Metodología para Capturar la Realidad UV Universitaria	50
Arquitectura Metodológica: Integrando Mediciones Físicas y Percepciones Humanas	51
Estrategias Integrales de Recolección de Datos	53
Triangulación Metodológica y Consideraciones Éticas	55

Capítulo IV

Del Dato a la acción: evidencias del Impacto UV y Desarrollo del

Sistema de Alerta	59
Análisis de los Niveles de Radiación Ultravioleta en el Ámbito Universitario	60
Objetivo 1: Evaluación del Impacto de la Radiación UV	60
Análisis del Impacto de la Radiación UV en la Población Universitaria	61
Componente de Innovación: Aplicación para Monitoreo Ultravioleta	69
Objetivo 3: Innovación Tecnológica para la Fotoprotección. Diseño de un Sistema de Alerta UV	70
Arquitectura Funcional y Personalización de la Intervención Digital	70
Personalización y Mecanismos de Alerta para la Prevención Contextualizada	71
Diseño de la Interfaz: prototipado y experiencia de usuario en Balsamiq Wireframes	73
Implementación y Configuración de la Aplicación Móvil	75
Estructura Del Proyecto De APP	81

Capítulo V

Análisis Comparativo y Validación de la Aplicación Móvil para Monitoreo de Radiación UV

	96
Evaluación de la Efectividad y Alcance del Sistema de Alerta UV	98
Recomendaciones Estratégicas para la Sostenibilidad Institucional	100

Referencias	102
--------------------	------------

TABLAS

Tabla 1. Niveles de Radiación Ultravioleta	40
Tabla 2. Clasificación por color y nivel	60
Tabla 3. Distribución de niveles UV	60
Tabla 4. Horarios críticos de radiación UV	62
Tabla 5. Actividades exteriores (10:00-16:00 h)	62
Tabla 6. Exposición solar en horario crítico (10:00-16:00 h)	62
Tabla 7. Conocimiento del Índice UV.	63
Tabla 8. Alta exposición UV causa daño cutáneo	63
Tabla 9. Comprensión del Factor Solar	63
Tabla 10. Familiaridad con melanoma	64
Tabla 11. Conocimiento de prevención del cáncer de piel	64
Tabla 12. Utiliza gorro o sombrero para protegerse	64
Tabla 13. Uso de sombrilla protectora	65
Tabla 14. Protección ocular con lentes	65
Tabla 15. Uso de lentes con protección UV	66
Tabla 16. Uso de bloqueador solar	66
Tabla 17. Frecuencia de protección FPS 100	67
Tabla 18. Uso de ropa de protección	67
Tabla 19. Infraestructura con sombra UNP	68
Tabla 20. Campañas de prevención de cáncer cutáneo UNP	68
Tabla 21. Valoración de app de alerta UV UNP	69
Tabla 22. Conocimiento y valoración de app UV	69

FIGURAS

Figura 1. Niveles de Radiación UV	42
Figura 2. Fórmula de muestreo	55
Figura 3. Clasificación de datos UV	61
Figura 4. Prototipo de interfaz principal	73
Figura 5. Interfaz de selección de piel	74
Figura 6. Interfaz de geolocalización	75
Figura 7. Datos técnicos del móvil	76
Figura 8. Instalación de la APP en celular	76
Figura 9. Configuración de instalación	77
Figura 10. Datos de configuración	77
Figura 11. Selección de fototipo	78
Figura 12. Tipos de piel y sus características	78
Figura 13. Tipo cutáneo y ubicación	79
Figura 14. Geolocalización por coordenadas	79
Figura 15. Activación de alertas en APP	80
Figura 16. Instalación del IDE Android	80
Figura 17. Estructura del proyecto de APP	81
Figura 18. Creación del MainActivity.kt	85
Figura 19. Creación de Retrofitclient.kt	90
Figura 20. Importación de librerías	90
Figura 21. Definición de Retrofitclient	90
Figura 22. Definición de la URL base	91
Figura 23. Creación de UvResponse.kt	91
Figura 24. Definición del paquete	91
Figura 25. Data Class UvResponse	91
Figura 26. Data Class HourlyData	92
Figura 27. Creación de WeatherApiService	92
Figura 28. Paquete y librerías importadas	93
Figura 29. Configuración WeatherApiService	93

Introducción

La Amenaza Ultravioleta: naturaleza e impacto en el contexto universitario

La radiación ultravioleta (UV), un componente del espectro electro-magnético que abarca longitudes de onda entre 100 y 400 nanómetros, representa un factor de riesgo ambiental de creciente preocupación a nivel global. Si bien la atmósfera terrestre actúa como un filtro natural, absorbiendo aproximadamente el 90% de la radiación UV más dañina, conocida como UVB, este escudo protector se ha visto comprometido (OMS, 2022). La degradación de la capa de ozono, impulsada por la contaminación antropogénica, ha resultado en la formación de orificios que permiten una penetración más intensa de estos fotones de alta energía. Esta mayor incidencia trae consigo una amplia gama de efectos perjudiciales para los sistemas biológicos, siendo la piel el órgano más expuesto y vulnerable. La problemática se agrava al considerar que la exposición a la radiación UV es acumulativa a lo largo de la vida, y sus consecuencias más severas, como el daño al ADN celular y la supresión del sistema inmunológico cutáneo, pueden manifestarse años después de la exposición inicial (OMS, 2022). La situación es particularmente crítica en regiones tropicales, donde la combinación de factores geográficos y ambientales crea un escenario de riesgo elevado para la salud pública, exigiendo no solo medidas de protección individual sino también sistemas de vigilancia y alerta temprana.

Para cuantificar este riesgo de manera objetiva, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha establecido el Índice de Radiación Ultravioleta (IUV), una herramienta estandarizada que mide la intensidad de la radiación UV en la superficie terrestre. Este índice se categoriza en una escala numérica y cromática que guía las conductas de protección necesarias. Por ejemplo, un IUV entre 2 y 5 se considera moderado, requiriendo el uso de protección solar, mientras que valores entre 6 y 7 son altos, y de 8 a 10, muy altos, exigiendo la búsqueda de sombra y el uso de ropa protectora durante las horas centrales del día. Sin embargo, es cuando el IUV supera el valor de 11 que se ingresa en un rango de riesgo extremo, donde la exposición solar sin protección puede causar daños en la piel en cuestión de minutos. La distribución geográfica de estos índices no es uniforme; la exposición

a los rayos UV es máxima en las proximidades de la línea ecuatorial y se intensifica con la altitud, dado el menor espesor de la atmósfera filtrante. En Perú, y específicamente en la ciudad de Piura, ubicada en una zona desértica y de baja latitud, los registros de IUV consistentemente alcanzan y superan estos umbrales de peligro extremo durante gran parte del año, configurando un entorno de alta vulnerabilidad para su población.

De la Medición a la Acción: Un Sistema de Alerta para la Comunidad Universitaria

Frente a este escenario, la presente investigación se erige como una respuesta concreta y necesaria para gestionar el riesgo en un microcosmos altamente expuesto: la comunidad universitaria. La Universidad Nacional de Piura, con una población que supera las 11,000 personas entre estudiantes, docentes y personal administrativo, constituye una comunidad cuyas actividades diarias—desplazamientos entre facultades, clases en aulas con amplios ventanales, actividades deportivas y de esparcimiento—implican una exposición prolongada y, en muchos casos, inadvertida, a los altos niveles de radiación UV imperantes en la región. La implementación de un simulador de radiación UV, acoplado a una central de monitoreo en tiempo real, representa la columna vertebral de esta propuesta. Este sistema tecnológico va más allá de la mera recolección de datos; su valor reside en la capacidad de modelar y predecir la variación de los valores de radiación UV a lo largo del tiempo y en diferentes puntos del campus, transformando información ambiental cruda en conocimiento accionable para la toma de decisiones informadas.

La información generada por esta central de monitoreo será fundamental para el desarrollo de planes de prevención y directivas de salud pública interna. Por ejemplo, los datos en tiempo real podrían integrarse en una aplicación móvil que emita alertas personalizadas cuando el IUV alcance niveles críticos, recomendando a los usuarios evitar actividades al aire libre en horarios específicos. Asimismo, esta evidencia empírica permitirá fundamentar campañas de sensibilización más efectivas, que trasciendan las advertencias genéricas y muestren a la comunidad el riesgo específico al que se enfrentan en su propio entorno. La implementación de este sistema sienta las bases para una política institucional de protección

solar, que podría incluir la instalación de estructuras de sombra en zonas de alta concurrencia, la distribución de bloqueadores solares y la promoción de una cultura de auto-cuidado. De esta manera, la investigación no solo diagnostica un problema de salud pública, sino que propone un marco operativo para la mitigación proactiva del riesgo, empoderando a la comunidad universitaria para transformar su vulnerabilidad ambiental en resiliencia colectiva.

Capítulo I

*El Dilema Energético: La Intermittencia Solar como
Obstáculo para la Transición Energética*

La transición hacia matrices energéticas sostenibles depende críticamente de la eficiencia y confiabilidad de las fuentes renovables, siendo la energía solar fotovoltaica una de las piedras angulares de este proceso a nivel global. Sin embargo, su integración a gran escala se ve obstaculizada por una característica inherente: su profunda dependencia de las condiciones atmosféricas. Los diferentes tipos de clima dan como resultado una variación significativa en los patrones de producción de energía, lo que introduce un grado de incertidumbre que las fuentes de energía convencionales no presentan (Obando & Vargas, 2016). Parámetros meteorológicos como la velocidad del viento, que influye en la refrigeración de los paneles, y la temperatura ambiente, que afecta directamente la eficiencia de conversión de los semiconductores, tienen una incidencia directa y a menudo no lineal en la potencia de salida de un arreglo fotovoltaico (Obando & Vargas, 2016). Esta dependencia se manifiesta en un contraste operativo marcado; en un día de cielo despejado, la potencia de salida del sistema de generación fotovoltaica es alta y notablemente estable, permitiendo una planificación fiable de la inyección a la red. No obstante, en días nublados y lluviosos el desempeño se vuelve bajo y profundamente inestable, con fluctuaciones bruscas que pueden ocurrir en cuestión de segundos, es decir, exhibe un comportamiento intermitente que desafía la estabilidad de los sistemas eléctricos (Verma & Verma, 2013). Es precisamente este comportamiento intermitente y la constante variación de la radiación solar, impulsada por la dinámica de nubes y aerosoles en la atmósfera, lo que genera una situación problemática para los gestores de red y los inversionistas, quienes deben compensar estas variaciones con fuentes de respaldo, incrementando los costos y la complejidad del sistema energético.

La planificación para mitigar esta intermitencia comienza en la etapa de diseño, donde tradicionalmente se ha hecho uso del atlas de radiación solar como herramienta fundamental para el dimensionamiento de un sistema Foto Voltaico (FV). Este documento de referencia, a menudo desarrollado por instituciones nacionales o internacionales, presenta un valor promedio diario, mensual y anual que se calcula mediante métodos numéricos en función de la radiación incidente y extraterrestre, ofreciendo una visión panorámica del recurso disponible en una región. Sin embargo, la confianza depositada en estas herramientas es cuestionable cuando se examina su granularidad temporal y espacial. El uso de este atlas tiene varias

debilidades según análisis críticos de la literatura especializada (Perez et al., 2015). La más significativa es que no logra capturar la alta no linealidad del recurso primario, es decir, omite las fluctuaciones rápidas y los eventos extremos. Estos fenómenos no lineales pueden tener efectos nocivos en los sistemas electrónicos, como el recrecimiento espectral (donde la dispersión de la luz por las nubes incrementa momentáneamente la radiación difusa) y un aumento en la tasa de error de bit en los sistemas de comunicación que monitorean los parques solares. Además, el atlas solar, por su propia naturaleza de promedio, no tiene en cuenta otros datos climáticos críticos como la humedad relativa, la presión atmosférica o la concentración de partículas en suspensión, ni tampoco discrimina suficientemente entre los microclimas que pueden presentarse dentro de una misma región geográfica (Perez et al., 2015).

Las consecuencias de basar el diseño en estas herramientas simplificadas son tangibles y afectan la viabilidad financiera y técnica de los proyectos. Al dimensionar sistemas FV por medio del valor establecido en el atlas pueden presentarse debilidades en el desempeño final, lo que se traduce directamente en problemas de cuantificación en el suministro de energía del sistema (Ghiani et al., 2014). Un sistema sobredimensionado basado en promedios optimistas llevará a una subutilización del capital invertido y a un retorno de inversión más lento, mientras que uno subdimensionado fallará en cumplir con la demanda esperada, erosionando la confianza en la tecnología. Lo anterior se suma a la alta incertidumbre en la cantidad de recurso primario que se tenga en un determinado momento temporal y región geográfica, datos climáticos que no se reconocen como importantes y de los que depende el recurso primario (Ghiani et al., 2014). Al no tener en cuenta estos datos geolocalizados y de alta resolución temporal, la información sobre el recurso primario resulta escasa y engañosa. Esta escasez de datos de calidad se traduce en una planeación deficiente de sistemas FV, que no logra explotar todas las capacidades energéticas de una determinada región y perpetúa la dependencia de combustibles fósiles para garantizar la estabilidad de la red. Asimismo, es evidente la falta de confianza en la información que proporcionan o que se encuentran en los Atlas, así como la obtención de la serie de datos, la temporalidad, la consistencia de los datos, etc., lo que crea un círculo vicioso de desconfianza que frena la inversión y la innovación en el sector.

La Doble Exposición de Piura: Entre la Ineficiencia Energética y el Riesgo Sanitario

La problemática de la intermitencia solar y la deficiente planificación energética adquiere una dimensión particularmente urgente y crítica en contextos geográficos específicos, como la ciudad de Piura. Esta región no solo enfrenta los desafíos técnicos de la generación fotovoltaica, sino que simultáneamente sufre las consecuencias de su abundante recurso solar en la salud de su población. Es de suma preocupación que la ciudad de Piura, por sus factores climatológicos únicos—caracterizados por una alta nebulosidad baja que intensifica la radiación difusa, su proximidad al ecuador y los altos índices de UV asociados—tiende a presentar una mayor incidencia de casos de cáncer de piel en comparación con otras regiones del país. La paradoja es evidente: el mismo recurso que promete independencia energética constituye una amenaza silenciosa para la salud pública, por lo que la presente investigación pretende minimizar esta situación a través de un enfoque tecnológico y de concienciación. En este sentido y en la realidad puntual de la presente investigación, la población de la Universidad Nacional de Piura está sumamente expuesta al impacto de estas radiaciones. Estudiantes, docentes y personal administrativo desarrollan sus actividades diarias en un campus abierto, a menudo durante las horas de mayor intensidad ultravioleta, sin una percepción clara del riesgo al que están sometidos. Mitigar este impacto requiere de algo más que recomendaciones generales; exige la implementación de planes de sensibilización basados en datos en tiempo real y políticas apropiadas de acciones correctivas, donde se encuentren involucrados de manera transversal todos los estamentos de la comunidad universitaria, desde el rector hasta el alumno universitario, fomentando una cultura institucional de autocuidado.

La justificación para esta intervención se encuentra anclada en evidencia médica sólida y alarmante. La causa principal para desarrollar un cáncer de piel es la exposición frecuente y acumulativa a la radiación ultravioleta de la radiación solar, cuyos fotones de alta energía producen mutaciones en el ADN de los queratinocitos y otras células de la piel que se acumulan de manera silenciosa durante años. La exposición a los rayos ultravioletas (UV) del sol, particularmente los de tipo B (UVB) y tipo A (UVA), es el elemento ambiental más significativo en la aparición del cán-

cer de dermis, incluyendo tanto los carcinomas basocelular y espinocelular como el más agresivo melanoma, así como en el desarrollo de otras afecciones de salud ocular como las cataratas y el pterigión (SENAMHI, 2020). El impacto socioeconómico de estas enfermedades es profundo. El cáncer de piel, en una región con alta vocación agrícola como Piura, puede dejar huérfanos a niños a muy temprana edad, ya que sus padres trabajan en el campo exponiéndose de manera prolongada y a menudo sin protección a la radiación solar. Igualmente, en el ámbito de la salud ocular, la catarata severa producida por la exposición crónica a la radiación solar es una causa principal de ceguera evitable, una condición que, además de la carga personal, convierte a la persona afectada en una carga social al reducir su productividad y requerir cuidados permanentes. Es crucial enfatizar que las medidas para protegerse de la radiación solar, como el uso de ropa adecuada, sombreros de ala ancha, gafas de sol con filtro UV y bloqueador solar, pueden prevenir de manera efectiva el cáncer de piel y estas otras patologías (SENAMHI, 2020).

La magnitud del problema trasciende lo local y se inserta en una tendencia global preocupante. Según las estadísticas recopiladas por agencias de salud internacionales, en la última década, los casos anuales de melanoma, la forma más letal de cáncer de piel, se muestran con un peor pronóstico en poblaciones jóvenes, aumentando en un 50% a nivel global y situándose en aproximadamente 287,723 diagnósticos nuevos al año en el mundo. Esta cifra supone unas 60,000 muertes anuales atribuibles a esta causa, un número que refleja la agresividad de la enfermedad y la necesidad de diagnósticos más tempranos (Redacción Médica, 2012). Frente a este panorama, la Universidad Nacional de Piura (UNP) tiene no solo la oportunidad sino la responsabilidad institucional de fomentar este tipo de investigación y aumentar el compromiso con planes de mejora y políticas preventivas respecto al impacto de la radiación UV. El objetivo es claro: actuar de manera proactiva para que su comunidad no pase a formar parte de estas estadísticas crecientes, transformando el campus en un espacio de demostración de cómo la tecnología y la educación pueden salvaguardar la salud pública (Redacción Médica, 2012). Por lo que fue necesario el desarrollo del presente trabajo de investigación, el cual se fundamenta en la premisa de que el conocimiento en tiempo real empodera para la acción preventiva. El simulador desarrollado mostró de manera clara y predictiva

cómo aumentan los valores de la radiación UV de acuerdo con el tiempo, las estaciones y las condiciones meteorológicas locales. Esta información, gestionada a través de una central de monitoreo accesible, permitirá desarrollar planes y directivas a futuro basadas en evidencia concreta, para prevenir de manera efectiva los riesgos asociados a la exposición de la radiación solar a toda su población universitaria, que supera las 11,000 personas.

Hacia un Campus Resiliente: integrando Tecnología y Conciencia para un Futuro Sostenible

La presente investigación se desarrolló con un objetivo general claro y ambicioso: Diseñar un sistema de alerta integral para mitigar el impacto de la radiación solar UV en la población universitaria de la Universidad Nacional de Piura. Este objetivo no se limita a la creación de un dispositivo técnico, sino que engloba el desarrollo de un ecosistema de prevención donde la tecnología actúa como catalizador de un cambio conductual e institucional. Para alcanzar este fin, se plantearon objetivos específicos metódicos y secuenciales. El primero, realizar la recopilación y procesamiento de los datos, constituye la base fundamental de todo el proyecto. Implica no solo la adquisición de sensores de radiación UV calibrados con estándares internacionales, sino también el establecimiento de protocolos rigurosos para la gestión, el almacenamiento y la validación de los datos crudos, asegurando su integridad y confiabilidad para el análisis posterior. Sin una base de datos sólida y de alta calidad, cualquier sistema de alerta carecería de fundamento y precisión, perpetuando la incertidumbre que se busca eliminar.

El segundo objetivo específico, analizar el impacto de la radiación UV en la población universitaria, representa el puente entre los datos físicos y la realidad humana. Este análisis va más allá de la mera correlación estadística; busca comprender los patrones de movilidad de los estudiantes y staff dentro del campus, identificar las zonas de mayor exposición—como las plazas centrales, las canchas deportivas y las paradas de autobús—y evaluar el nivel de conocimiento y las prácticas actuales de protección solar mediante encuestas y grupos focales. Este diagnóstico integral permite

contextualizar los niveles de radiación medidos, transformándolos en un índice de riesgo personalizado y accionable para los diferentes grupos que coexisten en el entorno universitario. Finalmente, el tercer objetivo, realizar una propuesta que permita mitigar el impacto de la radiación solar UV utilizando un sistema de alerta, sintetiza todo el conocimiento adquirido en un plan de acción concreto. La propuesta incluye el diseño técnico del sistema de alerta—que puede operar mediante paneles informativos digitales en lugares estratégicos, notificaciones push a una aplicación móvil universitaria y correos electrónicos automatizados—así como un protocolo de actuación que defina los umbrales de riesgo (bajo, moderado, alto, extremo) y las medidas de protección recomendadas para cada uno, integrando esta información en las políticas de bienestar estudiantil y en los manuales de bioseguridad de la universidad.

La delimitación de la investigación proporcionó el marco espacio-temporal necesario para garantizar el rigor y la focalización del estudio. La presente investigación se desarrolló en el Campus Universitario de la Universidad Nacional de Piura, un laboratorio vivo cuyas características son representativas de la problemática regional. La toma diaria y continua de los valores de la radiación UV, durante un ciclo anual completo que abarcó desde los meses de julio del 2023 a julio del 2024, permitió capturar la total variabilidad estacional del fenómeno, desde el invierno nublado hasta el verano de máxima intensidad solar. Esta delimitación no es una limitación, sino una fortaleza, ya que los resultados y la propuesta de sistema de alerta generados son directamente aplicables y transferibles al contexto inmediato, sentando un precedente metodológico que podría ser adaptado y escalado a otras universidades de características climáticas similares en la costa norte del Perú, contribuyendo así a una red nacional de vigilancia y protección contra la radiación ultravioleta.

Capítulo II

*Cimientos del Conocimiento. Explorando los Antecedentes
en el Estudio de la Radiación Ultravioleta*

El estudio de la radiación ultravioleta (UV) y sus efectos ha motivado una considerable producción intelectual a nivel global, sentando las bases teóricas y metodológicas sobre las cuales se erige la presente investigación. Un análisis exhaustivo de los antecedentes revela un espectro de aproximaciones que van desde el desarrollo de herramientas tecnológicas innovadoras hasta la evaluación de percepciones y conocimientos en poblaciones específicas, pasando por la creación de modelos predictivos de alta complejidad. En el ámbito nacional, investigaciones recientes han demostrado un notable interés por aprovechar la tecnología de uso masivo para la cuantificación de este fenómeno. En la tesis para optar el grado de doctor en Ciencias de la Computación, Taipe (2023), planteó el objetivo de desarrollar una aplicación móvil para estimar los valores de índice ultravioleta en tiempo real mediante el uso de un celular, lo que representa un esfuerzo significativo por democratizar el acceso a la información sobre radiación UV. Por lo cual se desarrolla una aplicación en Android Studio considerando datos obtenidos del sensor de luz del medio ambiente del celular y valores teóricos de radiación solar espectral para cielos despejados considerando datos de posición geográfica, día juliano y hora real obtenidas del celular, integrando así múltiples fuentes de datos en tiempo real en un dispositivo de uso cotidiano.

Para luego implementar el algoritmo para estimar el índice ultravioleta, fue necesario establecer un riguroso protocolo de validación. Sea considerado para el análisis de resultados de los valores medidos de índice ultravioleta los estadísticos de desviación media absoluta, que mide la precisión promedio de las predicciones, el error porcentual absoluto medio, que expresa el error en términos relativos, y para la prueba de hipótesis se utiliza el cálculo del estadístico t para la validación de los valores medidas por la aplicación considerando el medidor de UV GD-UVo6 como patrón de referencia. Efectuando la evaluación de mediciones en tiempo real en trece puntos geográficos ubicados en la región de Puno, se pudo capturar la variabilidad espacial del fenómeno. Y la comparación de medida de tres marcas de celulares en tiempo real permitió evaluar la consistencia del método a través de diferentes hardware. Se logró realizar la validación de los valores estimados de índice UV por la App móvil desarrollado, logrando un error menor a 9.051% considerando la totalidad de días nublado, parcialmente nublados y despejados, un margen que resulta prometedor

para aplicaciones de concienciación pública. Concluyendo que es posible estimar valores de índice ultravioleta mediante el uso de un celular y App móvil en tiempo real desarrollado en Android Studio utilizando el sensor de luz ambiental del celular y el modelo espectral de la radiación solar, este trabajo abre una vía accesible para el monitoreo descentralizado (Taipe, 2023).

Complementando este enfoque tecnológico, Chambi (2018), desarrolló su trabajo de investigación de posgrado cuyo título fue “Estudio y análisis de la actividad solar, radiación solar global y radiación UV en la ciudad de Arequipa”, el mismo que tuvo como finalidad, estudiar y analizar el comportamiento de la actividad solar a través del recuento de manchas solares y la influencia de este sobre la radiación solar global y radiación ultravioleta que llegan a la superficie de la tierra, específicamente en la ciudad de Arequipa, conectando así fenómenos astrofísicos con impactos terrestres. La zona de estudio se encontró localizada en los $16^{\circ}24'14.64''$ LS y $71^{\circ}31'28.18''$ LW, a 2372 m.s.n.m., según Google Earth, una altitud que intensifica naturalmente la recepción de radiación UV. La metodología utilizada consistió en realizar un estudio y análisis de datos de la actividad solar el cual está en base al conteo de manchas solares, así como; la radiación solar global y radiación ultravioleta, donde los datos de manchas solares son registradas satelitalmente y publicadas en la web por las plataformas SILSO (1700 a la fecha) y SPACEWEATHER (2001 a la fecha), los datos de radiación solar global (2001-2015) y radiación ultravioleta UV-B (2009-2017) fueron facilitadas por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) con los cuales se realizaron gráficas con la finalidad de encontrar la influencia de la actividad solar sobre la radiación en especial UV, empleando series de tiempo de considerable longitud para identificar tendencias robustas.

Los resultados obtenidos indicaron que la actividad solar tiene influencia sobre la radiación ultravioleta, encontrando una ligera tendencia lineal con un $R^2=0.52128$ sin embargo después de realizar un ajuste polinomial de grado 3 se obtiene un valor de $R^2=0.8882$, claramente se observa la influencia de la actividad solar sobre la radiación ultravioleta, y con el modelo matemático obtenido se podría conocer la radiación teniendo datos de manchas solares, lo que sugiere una relación más compleja que la lineal y destaca el potencial predictivo de los indicadores de actividad solar para

la estimación de la radiación UV superficial (Chambi, 2018). En un plano más social, Mendoza & Raymunde (2018), realizaron una tesis a lo cual la titularon “Conocimiento y actitud sobre los efectos de la radiación solar en las estudiantes de nivel secundario de la institución educativa estatal “09 de diciembre”, Ayacucho – 2018”. Esta investigación tuvo como objetivo principal determinar el conocimiento y actitud sobre los efectos de la radiación solar en las estudiantes de nivel secundario de la Institución Educativa Estatal “9 de diciembre”, Ayacucho–2018, focalizándose en un grupo demográfico joven y vulnerable. Material y método utilizado fueron: Estudio de enfoque cuantitativo, de tipo aplicada; el diseño corresponde a un estudio no experimental, descriptivo, correlacional de corte transversal; población de 520 estudiantes del nivel secundario, generándose un muestreo no probabilístico intencional de 120 estudiantes; la técnica de estudio fue la entrevista y el instrumento fue el cuestionario auto informado y el Test estilo Likert, herramientas clásicas en la investigación psicosocial.

Los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes: El 70.8% de las estudiantes tienen un nivel de conocimiento deficiente y muy deficiente sobre los efectos de la radiación solar, 29.2% tiene un nivel de conocimiento regular, una cifra alarmante que revela una grave falla en los programas de educación para la salud. Respecto a la actitud, 71.7% presentaron una actitud indiferente y sólo 28.3% tiene una actitud favorable, lo que indica una desconexión entre la comprensión del riesgo y la disposición a actuar. El nivel de conocimiento deficiente es porcentualmente superior en el tercer grado, representando el 24.2%, determinándose así que el nivel de conocimiento es independiente al grado de instrucción (Tau_b Kendall: -0.006, $P > 0.05$). Del 28.3% de las estudiantes con actitud favorable, 20.2% se encuentra en el tercero y cuarto grado, mientras en las estudiantes con actitud indiferente 25.8% pertenece al quinto grado, seguido en menor porcentaje los demás grados. Los investigadores concluyen con lo siguiente: No existe correlación entre el nivel de conocimiento y la actitud hacia la prevención de los efectos de la radiación solar en las estudiantes del centro educativo (Tau_b Kendall: 0.069, $P > 0.05$), un hallazgo crucial que sugiere que incrementar el conocimiento por sí solo podría no ser suficiente para cambiar comportamientos, requiriéndose intervenciones más integrales que aborden los componentes actitudinales y normativos (Mendoza & Raymunde, 2018).

La investigación a nivel internacional ofrece perspectivas igualmente valiosas y a menudo con un mayor desarrollo tecnológico. Cárdenas (2020), de la Universidad de Vigo ubicada en Pontevedre – España, realizó un trabajo de investigación “Impacto de la radiación UV en los alumnos de la Escuela Naval Militar”; el fundamento de arte de la investigación se basa en que se ha demostrado que la radiación ultravioleta (UV) es perjudicial para el ser humano y es el caso de los militares de la Armada Española quienes tienen una exposición de diversa consideración, según su puesto o funciones, un contexto laboral de alto riesgo similar al de trabajadores agrícolas o de la construcción. El objetivo de este trabajo de investigación fue analizar el nivel de exposición al que se ven sometidos los alumnos de la Escuela Naval Militar y, además, estudiar su nivel de conocimiento sobre la radiación UV, combinando así dos dimensiones: la exposición objetiva y la percepción subjetiva. Se estudió el conocimiento sobre el impacto de la radiación UV en la salud por parte de los alumnos, así como la actitud e intenciones de tomar acción respecto a este tema, aplicando modelos de cambio de comportamiento. Este estudio se hizo mediante un análisis de percepciones cuyos datos de partida se recogieron en forma de encuesta. Obtenidos los resultados, estos se analizaron estadísticamente. Posteriormente, se llevó a cabo un análisis que consistió en evaluar la exposición a la cual se hayan sometidos los alumnos, en concreto los de Infantería de Marina, mediante el empleo de un sensor de radiación UV, lo que permitió cuantificar con precisión la dosis recibida.

El investigador concluye que se ha podido demostrar que las consecuencias del impacto de la radiación UV en los alumnos y futuros oficiales de la Armada Española son considerables, principalmente por la naturaleza del trabajo que llevan a cabo, con tiempos prolongados de exposición solar durante cualquier época del año y en todo tipo de escenarios, entre los que se encuentran zonas donde la irradiación es de la más alta del mundo, como el Caribe o el Golfo Pérsico. Los resultados de los datos recogidos con el sensor de radiación UV en las salidas de la asignatura militar “Prácticas de campo” han demostrado que, a pesar de haberse llevado a cabo dicho análisis en invierno y por consiguiente haberse obtenido niveles IUV bajos, la dosis UV diaria recomendada por expertos, fue ampliamente sobrepasada, lo que subraya el riesgo crónico y acumulativo al que está expuesto este grupo profesional, incluso en condiciones aparentemente de bajo

riesgo (Cárdenas, 2020). En el ámbito de la predicción, Obando (2018), en la Universidad de Colombia presentó su trabajo de investigación cuyo fue “Modelo de pronóstico de radiación solar basado en Machine Learning”. Esta tesis tuvo como objetivo principal diseñar un modelo de pronóstico de radiación solar basado en Machine Learning, una aproximación que gana relevancia en la era del big data y la inteligencia artificial. Para la validación del modelo propuesto se utilizan diferentes métricas estadísticas y la herramienta gráfica diagramas de dispersión, permitiendo una evaluación multidimensional del desempeño predictivo. La investigación presenta el diseño de un modelo predictivo de recurso solar. Las fortalezas de esta herramienta gráfica están enmarcadas en mostrar la correlación entre dato medido y predicho, revelar sesgos y desviaciones sistemáticas según las condiciones de radiación, además de mostrar el rango de las desviaciones que están relacionadas con los pronósticos, ofreciendo así una diagnosis detallada de los errores del modelo.

Esta investigación aporta una herramienta en la estimación de potencial solar que puede usarse en la identificación de nichos geográficos específicos de desarrollo y muestra una visión de la importancia de los datos como elementos base en la toma de decisiones en planeación de fuentes de energía cuyo recurso primario es variable, contribuyendo a una integración más eficiente y segura de las energías renovables en la matriz energética. En este sentido, entre las conclusiones del estudio propuso un modelo que tuviera en cuenta las condiciones geográficas de Colombia para cuantificar-predecir recurso primario, como una contribución al desarrollo y visibilidad de técnicas computacionales, que serán tomadas como herramientas de ayuda en la toma de decisiones. El reto es, es generar espacios de visibilidad para el uso de Machine Learning (ML) en un clima tan variado como el colombiano, por ello, se diseñó un modelo de pronóstico de radiación solar basado en Machine Learning que presenta los siguientes atributos: topología de predictor híbrido, implementación de etapas de clasificación-agrupamiento (Fuzzy Logic) y estimación (SVM+NN), fuzzy Logic, es robusto al no ser excluyente y poder hacer intersecciones de las funciones de membresía en clasificación, SVM presenta fortalezas en cuanto al manejo de datos a la entrada, alta no linealidad y la posibilidad de geolocalizar la estimación al manejar componente geográfico (función kernel NN), inclusión de una función kernel (NN) dinámica que aporta en la predicción

de recuso primario dependiente de la localización geográfica y finalmente, se estableció criterios de selección de técnicas los cuales están ligados a las condiciones geográficas en particular. Estos criterios evalúan: tratamiento de la no-linealidad del recurso, comportamiento al usar múltiples entradas, baja desviación e incertidumbre, horizonte de predicción variable y flexibilidad del modelo, constituyendo un marco de referencia sólido para el desarrollo de herramientas predictivas en contextos de alta variabilidad climática (Obando, 2018).

En un nivel de sofisticación instrumental avanzado, Facundo (2017), de Buenos Aires – Argentina, desarrolló una tesis basada en sus estudios realizados en la Universidad de Nagoya Japón que tituló “Procesamiento de señales de un radiómetro de ondas milimétricas para obtener perfiles de ozono y estudios de la radiación solar UV en superficies”. Los objetivos principales de esta tesis fueron el procesamiento de señales provenientes de un radiómetro de ondas milimétricas para la obtención de perfiles de ozono y de un radiómetro banda angosta GUV-541 para el estudio de la radiación UV en superficie y la obtención de parámetros atmosféricos, integrando así mediciones de la columna atmosférica con las condiciones en superficie. Ambos instrumentos se encuentran instalados en el Observatorio Atmosférico de la Patagonia Austral (OAPA), una ubicación privilegiada para el estudio de la atmósfera austral. En esta tesis se describen los algoritmos desarrollados e implementados para el procesamiento de señales observadas por el radiómetro de ondas milimétricas. Este instrumento emplea un receptor superheterodino, utilizando como detector un superconductor enfriado a 4°K para monitorear las señales emitidas por las transiciones rotacionales de la molécula de ozono, presente en la estratósfera y mesósfera, lo que permite un monitoreo continuo y de alta precisión de un gas crítico para la absorción de la radiación UV-C y UV-B.

El procesamiento de señales radiométricas mencionado se conoce como “proceso de inversión” e involucra cálculos matemáticos y la utilización de un modelo de transferencia radiativa para finalmente obtener los perfiles de ozono, un procedimiento complejo que transforma datos crudos en información atmosférica estructurada. Para la inversión de estos perfiles, fue necesario adquirir conocimientos e implementar el modelo ARTS (Atmospheric Radiative Transfer Simulator) el cual permitió el cálculo de espectros en el rango de las ondas milimétricas y micrométricas.

Este modelo es ampliamente utilizado y citado a nivel mundial dentro de este campo de aplicación, lo que garantiza la robustez y comparabilidad de los resultados. Durante el desarrollo se empleó el análisis y procesamiento de diferentes bases de datos para poder realizar una caracterización instrumental, geométrica, espectroscópica y atmosférica del problema lo que proporcione una familiarización del manejo de datos necesario para alimentar los modelos, un aspecto fundamental en la ciencia de datos atmosféricos. Finalmente se concluye que se realizó un estudio del incremento en el Índice Ultravioleta (IUV) que alcanza la superficie terrestre debido al efecto del borde de nube, a través del análisis del Factor de modificación por nubes (CMF) el cual relaciona los IUV modelados con los medidos. Los datos modelados fueron obtenidos utilizando el modelo paramétrico antes mencionado, mientras que las mediciones son observadas con el GUV-541. El periodo de análisis abarca desde el año 2005 hasta el 2012, similarmen- te que para los estudios de atenuación de radiación solar UV, permitiendo identificar este fenómeno de amplificación que puede incrementar el riesgo de exposición en días parcialmente nublados (Facundo, 2017).

Fundamentos Científicos: De la Naturaleza de la Luz Solar a la Cuantificación del Riesgo UV

Comprender la problemática de la radiación ultravioleta exige remon- tarse a la naturaleza misma de la fuente emisora y a los procesos físicos que gobiernan su interacción con nuestro planeta. Pathak (1996, cita a Quilca, 2018), quien indica que, de acuerdo a la historia, Copérnico hace más de 400 años, mencionó que el sol era el centro del universo, un para- digma que, más allá de su relevancia cosmológica, situó a nuestra estrella en el lugar central que ocupa como motor del sistema climático terrestre. En el trayecto de esta historia, se indica que toda la especie humana, de una u otra manera ha mantenido una relación especial con el sol, por ejem- plo, desde Egipto hasta Méjico se rendía culto al sol, llamando también el astro rey, que era considerado como el dios que daba calor y permitía el crecimiento de los cultivos, una relación de dependencia y reverencia que perdura en el imaginario colectivo. En este sentido, debemos entender que no existe aspecto alguno del mundo en el que vivimos que no esté influen- ciado por el sol. Desde la fotosíntesis, base de las cadenas tróficas, hasta

nuestro estado de ánimo, regulado por ciclos circadianos, están condicionados por dicho astro. No debe parecer raro, pues, el papel central de la radiación solar en nuestra cotidiana vida. Sin embargo, no todos los aspectos de dicha radiación son positivos; ya que como veremos a continuación, existen unos efectos deletéreos causados por la naturaleza intrínseca de la radiación solar. El astro rey emite diversos tipos de radiaciones: rayos X, radiaciones ionizantes, Radiaciones Ultravioletas (RUV), luz visible, radiaciones infrarrojas y otras, conformando un espectro electromagnético de inmensa diversidad energética.

Desde el punto de vista fotobiológico el espectro solar en la superficie terrestre (nivel del mar) está formado por radiaciones con longitudes de onda de energía electromagnética comprendida entre 290 y 3000 nm, un rango que ha sido moldeado por la acción filtrante de la atmósfera. Es debido a esta gran diversidad, desde el punto de vista de la práctica clínica se considera que el espectro solar está formado por: radiaciones ultravioletas (290-400 nm), luz visible (400-760 nm) y radiaciones infrarrojas (>1800 nm), siendo el rango ultravioleta el de mayor energía y, por tanto, el de mayor potencial para inducir daño fotoquímico en los tejidos vivos. Esta radiación solar que llega a nuestro planeta no lo hace de manera inmutable, sino que sufre profundas transformaciones en su viaje a través de la atmósfera. Según Benavides (2010), la radiación solar que alcanza la superficie terrestre al pasar por la atmósfera se ve afectada por muchos factores, esta se ve debilitada por la difusión, reflexión en las nubes y absorción por las moléculas de gases (como el ozono y el vapor de agua) así como partículas en suspensión, etc., un proceso de atenuación que es fundamental para la existencia de la vida tal como la conocemos. Por otro lado, Gómez et al. (2015), indican que en la atmósfera se recibe una radiación solar promedio (constante solar) de 1 367 W/m². pero a nivel del suelo esta varía entre 0 y 1000 W/m² aproximadamente, una reducción drástica que evidencia la eficacia de la atmósfera como escudo protector. Esta atenuación de la radiación y su variación en el tiempo se debe a diversos factores, como son los efectos de absorción, difusión y reflexión de la atmósfera, así como efectos meteorológicos y actividades humanas, etc., que introducen una alta variabilidad espacial y temporal. Esto hace que la radiación solar recibida en la superficie horizontal de la tierra pueda cambiar repentinamente, de-

safiando así cualquier intento de predicción simple y requiriendo modelos complejos para su cuantificación precisa.

Dentro de este espectro, la radiación ultravioleta emerge como la de mayor interés desde el punto de vista de la salud pública. Entendemos este tipo de radiación como aquella radiación electromagnética de longitud de onda más corta que la radiación visible, pero más larga que los rayos X, lo que la sitúa en una banda de alta energía capaz de provocar excitación molecular y daño en el ADN. Aproximadamente el 5% de la energía del sol se emite en forma de radiación ultravioleta, un porcentaje que, aunque pequeño, contiene suficiente energía para inducir significativos efectos biológicos. Esta radiación puede producir un alto grado de efectos nocivos en los seres vivos, por lo que es de suma importancia el control de estos niveles de radiación solar, de cara al desarrollo de actividades al aire libre, especialmente en regiones de alta insolación como la costa peruana. En este sentido y en lo que respecta a los seres humanos, la radiación ultravioleta es el causante del bronceado, pero en altas dosis pueden provocar también la aparición de patologías oculares como cataratas y pterigión, y daños en la piel como envejecimiento prematuro, arrugas, quemaduras y cánceres de piel. En consecuencia, el bronceado, la producción de melanina, no es sino la reacción de defensa natural de nuestra piel contra los efectos nocivos de los UV (Gobierno de Navarra, 2019), una respuesta biológica que, aunque ofrece cierta protección, es insuficiente frente a exposiciones intensas o crónicas.

Para traducir las mediciones físicas de la radiación UV en un indicador de riesgo comprensible y accionable para la población, se ha estandarizado a nivel global el Índice de Radiación Ultravioleta (IUV). El índice de radiación ultravioleta (IUV) es una medida de la intensidad de la radiación UV solar en la superficie terrestre, expresada en una escala numérica simple diseñada para informar al público sobre la necesidad de adoptar medidas de protección. El SENAMHI viene realizando la medición de la radiación UV tipo B (UV-B) a través de la Dosis Eritématica Mínima por hora (MED/h), esta unidad de medición es utilizada por razones médicas ya que su valor representa la efectividad biológica de su acción para causar una quemadura en la piel humana, conectando así la física de la radiación con la biología de la piel. El IUV es adimensional y se define mediante la siguiente fórmula, propuesto por la Organización Meteorológica Mundial (2002): $IUV = MED/h \cdot 0.0583(W/m^2)$

40(m2 /W), una ecuación que permite la conversión de unidades biológicas a un índice de fácil interpretación. Donde MED/h es medida por el instrumento UV-Biometer, un equipo especializado que constituye el patrón de oro para estas mediciones. El valor 0.0583 se utiliza para convertir el MED/h a irradiancia espectral solar, expresada en W/m2 (Senamhi, 2021, pág. 3), completando así el marco metodológico para la generación de un indicador de salud pública vital para la prevención de enfermedades asociadas a la exposición solar.

Escala del Riesgo Solar: Clasificación e Interpretación del Índice Ultravioleta para la Protección de la Salud

La escala oficial para categorizar la intensidad de la radiación ultravioleta, utilizada por el SENAMHI, fue publicada en un boletín informativo de septiembre de 2021 (Senamhi, 2021).

Tabla 1. Niveles de Radiación Ultravioleta

Escala de UV	Nivel	Descripción
UV-A, 320–400 nm.	Menos nociva	Llega en mayor cantidad a la tierra. Casi todos los UV-A pasan por la capa de ozono, atraviesan la capa córnea, epidermis y llegan hasta la dermis.
UV-B, 280–320 nm.	Puede ser muy nociva	La capa de ozono absorbe la mayor parte del UV-B. Su deterioro aumenta la amenaza. Atraviesan la piel hasta la epidermis y también capa córnea.
UV-C, 100–280 nm.	Muy nociva	El oxígeno y el ozono de la estratosfera lo absorben. No llega a la superficie.

Fuente: Raymundo García (2024).

El Índice Ultravioleta: de la Medición Física a la Información Pública

La cuantificación del riesgo asociado a la exposición solar encuentra su herramienta fundamental en el Índice Ultravioleta. En base a lo indicado por Utrillas et al. (2013), cuando cita a Chambi (2018, p. 49), el índice de radiación ultravioleta (UV o UV-Índice) es un indicador de la radiación UV se estableció por la necesidad de establecer un criterio para informar

acerca de lo peligroso de exponerse a la radiación sin precaución. Su creación respondió a la imperiosa necesidad de traducir complejos datos físicos en un lenguaje accesible para la población general, permitiendo una comprensión inmediata del riesgo y facilitando la adopción de conductas preventivas. La radiación UVER, que específicamente informa acerca del daño en la piel debido a la exposición al Sol, presenta valores que oscilan entre 0 y 0.30 Wm^{-2} ; sin embargo, estos valores son poco entendibles al público no especializado, ya que carecen de un contexto intuitivo sobre las implicancias para la salud. Por ello se creó el índice UV cuyo rango aproximado varía entre 0-12 adimensional como se muestra en el Gráfico 1, dependiendo de la ubicación geográfica y la estación del año. Esta estandarización global permite, por ejemplo, que un ciudadano en Lima y otro en Cusco interpreten de la misma manera un valor de IUV de 10, comprendiendo que en ambos casos representa un riesgo muy alto para la salud y que deben extremar las medidas de protección.

Interpretando la Escala: del Valor Numérico a la Acción Preventiva

La utilidad práctica del IUV reside en su correcta interpretación, para lo cual se han establecido escalas estandarizadas que asocian cada rango de valores con recomendaciones específicas de protección. Senamhi (2022), indica que el índice de radiación ultravioleta (IUV) es una medida de la intensidad de la radiación UV solar en la superficie terrestre tal como se presenta a continuación. Esta escala, adoptada internacionalmente, se estructura en categorías que van desde “Bajo” (IUV 1-2) hasta “Extremo” (IUV 11+), cada una asociada a un código de color y a directrices de conducta perfectamente definidas. Por ejemplo, cuando el IUV alcanza valores entre 8 y 10, categorizado como “Muy Alto”, las autoridades sanitarias recomiendan la búsqueda activa de sombra durante las horas centrales del día, el uso obligatorio de camisa de manga larga, sombrero de ala ancha, gafas de sol y la aplicación generosa de bloqueador solar con FPS mayor a 50. La eficacia de este sistema de alerta ha sido demostrada en diversos estudios, donde se observa que las campañas de difusión del IUV han incrementado significativamente la adopción de medidas de fotoprotección en poblaciones de alto riesgo, como niños, trabajadores outdoor y deportis-

tas. La correcta comprensión de esta escala es, por tanto, una herramienta de salud pública fundamental para la prevención del cáncer de piel, las cataratas y otros efectos nocivos asociados a la exposición solar crónica o intensa, empoderando a los ciudadanos para tomar decisiones informadas sobre su protección.

Figura 1. Niveles de Radiación UV

Clasificación del riesgo solar	Índice UV
BAJO	1-2
MODERADO	3-5
ALTO	6-7
MUY ALTO	8-10
EXTREMO	11+

Fuente: información tomada desde Senamhi (2022).

Estrategias de Fotoprotección: Hacia una Cultura de Prevención del Daño Solar

La implementación de medidas de protección contra la radiación ultravioleta constituye una estrategia fundamental de salud pública, particularmente en regiones de alta insolación como el Perú. Senamhi (2017), como parte de su estudio relacionado con los niveles de radiación ultravioleta entre moderados y altos en el país; recomienda a la población considerar las siguientes medidas para reducir la probabilidad de sufrir quemaduras, daños oculares y enfermedades ocasionadas por exposición permanente, estableciendo así un protocolo integral de fotoprotección. La aplicación de protectores solares durante las horas de máxima insolación representa la medida más reconocida, aunque frecuentemente mal implementada; se debe cubrir todo el cuerpo incluyendo áreas comúnmente olvidadas como las orejas, el dorso de las manos y el empeine, con una cantidad generosa que garantice la protección indicada por el factor SPF. Complementariamente, el uso de barreras físicas como sombreros de ala ancha -que proyecten sombra sobre rostro, cuello y orejas- y lentes de sol

con filtros certificados que absorban la radiación UV-B, se configura como una estrategia esencial para reducir la exposición directa. La planificación horaria emerge como otro pilar fundamental, recomendándose minimizar la exposición solar durante el periodo de máxima radiación (de 10:00 a 15:00 hora local), cuando aproximadamente el 60% de la radiación UV diaria alcanza la superficie terrestre.

La protección de grupos vulnerables merece especial consideración dentro de las estrategias de fotoprotección. Se debe proteger a los niños evitando su exposición excesiva al sol, ya que se estima que entre el 50% y 80% del daño solar acumulado ocurre antes de los 18 años, según estudios epidemiológicos (OMS, 2021). Particularmente crítico resulta el caso de los bebés menores de seis meses, quienes NO deben usar protectores solares debido a la inmadurez de su barrera cutánea y la mayor relación superficie corporal/peso que favorece la absorción sistémica de componentes químicos; por el simple motivo que no deben exponerse al sol de forma directa. Es fundamental desmitificar creencias erróneas ampliamente extendidas, como considerar que la sombra ofrece protección completa, cuando en realidad materiales como la arena, el agua, la nieve y el cemento pueden reflejar hasta el 80% de los rayos UV, aumentando la exposición de manera significativa. La correcta selección y uso de fotoprotectores exige atención a detalles cruciales: estos productos se degradan con el tiempo y pierden eficacia, por lo que no se deben utilizar aquellos que sean de temporadas anteriores, estableciéndose generalmente un periodo máximo de validez de 12 meses tras su apertura. Además, los filtros deben tener protección de amplio espectro contra la radiación ultravioleta A y B, dado que la primera penetra más profundamente y produce el enrojecimiento de la piel, la segunda el tostado que está asociado con el envejecimiento y el cáncer, siendo ambas implicadas en procesos carcinogénicos.

La adopción de una cultura integral de fotoprotección trasciende el uso aislado de productos y requiere la internalización de hábitos sostenidos. El uso de anteojos oscuros con protección UV certificada resulta indispensable, ya que los ojos también sufren ante la exposición prolongada al sol, pudiendo desarrollar condiciones como pterigión, catarata cortical y fotoqueratitis. Es crucial comprender que los productos fotoprotectores no reemplazan a los hábitos sanos frente al sol, son un complemento que potencia, pero no sustituye las medidas de evitación y protección física.

Grupos ocupacionales de alto riesgo como policías de tránsito, profesores de educación física, ambulantes, turistas y público en general, deben tomar precauciones específicas en cuanto a la exposición directa a los rayos solares por mucho tiempo, implementando protocolos institucionales que incluyan rotación de puestos, provisiones de equipos de protección y educación continua. Una regla mnemotécnica práctica establece que, si la sombra es corta, el riesgo es alto: busque sombra ya, indicando que cuando el sol se encuentra cerca del cenit, la radiación UV alcanza sus niveles máximos. Finalmente, es esencial contrarrestar la falsa sensación de seguridad que proporciona el bronceado, recordando que no deje de protegerse por el hecho de haberse bronceado, ya que el moreno representa únicamente un factor de protección solar (FPS) aproximado de 3, insuficiente para prevenir el daño al ADN celular.

La Dualidad de la Radiación UV: entre el Beneficio Terapéutico y el Riesgo para la Salud

La radiación ultravioleta presenta una naturaleza dual que es esencial comprender para establecer recomendaciones equilibradas y científicamente fundamentadas. Según Senamhi (2020), en su boletín mensual vigilancia de la radiación UV -B en ciudades del país, indica que los beneficios de la radiación son múltiples cuando la exposición es moderada y controlada. Los rayos UV-A, en dosis terapéuticas, pueden disminuir la presión arterial y estimular la circulación sanguínea a través de mecanismos de vasodilatación periférica, constituyendo una herramienta auxiliar en el manejo de condiciones cardiovasculares. Evidencia clínica sugiere que exposiciones controladas mejoran parámetros relacionados con la arteriosclerosis y los electrocardiogramas, particularmente en pacientes con deficiencia de vitamina D. En el ámbito dermatológico, constituyen un tratamiento eficaz contra la psoriasis, condición autoinmune caracterizada por la proliferación acelerada de queratinocitos, mediante protocolos de fototerapia que regulan la respuesta inflamatoria. Metabólicamente, pueden ayudar a perder peso a través de la estimulación del metabolismo basal, aunque este efecto es moderado y debe contextualizarse dentro de un estilo de vida saludable. Sin embargo, el beneficio más significativo radica en su papel en la síntesis cutánea de vitamina D, gracias a la cual se mejora

la aportación de calcio a los huesos, siendo fundamental para la prevención del raquitismo en niños y la osteomalacia en adultos. Por esta razón, el sol debe tomarse de forma habitual pero dosificada para facilitar la formación de una correcta masa ósea durante las etapas de desarrollo y mantener la salud ósea en la edad adulta.

Esta faceta benéfica contrasta marcadamente con los riesgos asociados a la exposición excesiva o inadecuada. Según lo que indica Senamhi (2022) existen los siguientes peligros de radiación UV que configuran un espectro de patologías de variada gravedad. La insolación, que es una deshidratación con fiebre causada principalmente por los rayos infrarrojos pero frecuentemente asociada a la exposición UV global, representa una emergencia médica que puede comprometer termorregulación corporal. La quemadura solar, producida predominantemente por los rayos UVB, constituye una respuesta inflamatoria aguda que evidencia daño directo al ADN celular y se correlaciona con el incremento en el riesgo de melanoma en estudios prospectivos. El envejecimiento de la piel, producido por casi todos los rayos pero especialmente por UVA que penetra más profundamente, resulta del deterioro acumulativo de las fibras de colágeno y elastina, proceso conocido como fotoenvejecimiento. Entre las dermatosis fotosensibles se encuentra la lucitis o dermatitis de la piel producidas por el sol (Urticaria y otros exantemas), condiciones mediadas por mecanismos inmunológicos que pueden manifestarse incluso con exposiciones breves en individuos susceptibles. El más severo de los riesgos lo constituye el cáncer de piel, cuyo espectro incluye desde los carcinomas basocelulares y espinocelulares hasta el potencialmente letal melanoma, con una relación dosis-respuesta claramente establecida en la literatura epidemiológica internacional.

Los efectos sobre la salud de la radiación UV presentan variaciones individuales significativas pero afectan a toda la población expuesta. Cuando el ser humano se expone a la radiación, puede producir efectos agudos y crónicos en la piel, en los ojos y su sistema inmunitario (OMS & OMM, 2003), estableciendo un continuum de daño que se acumula a lo largo de la vida. Aunque se cree que solo las personas de piel clara deben preocuparse por la sobreexposición al sol, las personas de piel oscura también son afectadas, aunque mediante mecanismos fisiopatológicos diferentes. Las personas de piel más oscura contienen más melanina protectora, por

lo que la incidencia de cáncer de piel es menor; sin embargo, se producen casos de cáncer de piel en estas personas y, por desgracia, estos son a menudo detectados en estado muy avanzado y nivel más peligroso (Senamhi, 2020), debido tanto a factores de concienciación como a retos diagnósticos en piel pigmentada. El riesgo de sufrir efectos en la vista y del sistema inmunitario por sobreexposición a la radiación solar, relacionada con la radiación UV es independiente del tipo de piel, afectando por igual a todos los fototipos cutáneos y manifestándose mediante inmunosupresión local y sistémica que puede reactivar infecciones virales latentes como el herpes simple.

Manifestaciones Clínicas y Estrategias Avanzadas de Protección

La piel constituye el órgano más extenso del cuerpo y el más vulnerable a los efectos de la radiación UV, manifestando daño a través de múltiples vías clínicas. En la publicación de la OMS & OMM (2003), “Índice UV solar mundial”, se señala como los efectos de la exposición a la radiación UV sobre la salud, que se detalla a continuación, con especial énfasis en las manifestaciones cutáneas. Los autores manifiestan que los efectos cutáneos se manifiestan en quemaduras solares, bronceado y envejecimiento de la piel, representando un espectro que va desde respuestas agudas hasta cambios degenerativos acumulativos. El efecto agudo más conocido de la sobreexposición a la radiación UV es conocido como eritema, se manifiesta por el enrojecimiento de la piel que se conoce como quemadura solar, mediado por la liberación de prostaglandinas, citoquinas y otros mediadores inflamatorios; asimismo la mayoría de las personas adquieren un bronceado por la estimulación de la producción de melanina, tras unos pocos días de exposición a la radiación ultravioleta, mecanismo que representa un intento de defensa biológica imperfecta. Otro efecto menos evidente es el engrosamiento de la capa más externa de la piel, que atenúa la penetración de la radiación UV a capas más profundas, respuesta adaptativa que confiere un factor de protección natural equivalente aproximadamente a SPF 3-4. Ambos efectos indican que la piel ha sufrido daños por sobreexposición a la radiación UV, constituyendo marcadores biológicos de injuria celular. El tiempo de eritema y la capacidad de adaptación a la exposición de radiación UV varía mucho dependiendo del tipo de piel de cada persona,

clasificándose tradicionalmente según la escala de Fitzpatrick que distingue seis fototipos cutáneos con diferente susceptibilidad al daño solar.

La exposición crónica a la radiación ultravioleta desencadena procesos degenerativos y neoplásicos de variada severidad. La exposición rutinaria a la radiación UV ocasiona varios cambios de tipo degenerativo en las células, el tejido fibroso y los vasos sanguíneos de la piel, como las pecas y nuevas zonas pigmentadas de diversos colores y los lentigos (pigmentación parda difusa), alteraciones que representan la memoria biológica del daño solar acumulado. La sobreexposición a la radiación UV acelera el envejecimiento de la piel, y se manifiesta con la pérdida gradual de su elasticidad, produce descamación, arrugas y una piel seca, y áspera, condición conocida como elastosis solar que afecta predominantemente áreas fotoexpuestas como rostro, escote y dorso de manos. En el espectro de las neoplasias cutáneas, los cánceres de piel no melánicos representan la consecuencia más frecuente de la exposición solar acumulativa. En ello están incluido los carcinomas de células basales y los tumores de células escamosas, cuya incidencia se duplica aproximadamente cada década a partir de los 20 años de edad en poblaciones de piel clara. Su tratamiento quirúrgico es doloroso y a menudo desfigurante, aunque raramente son mortales (OMS & OMM, 2003), sin embargo, generan importante morbilidad, costos sanitarios y deterioro de la calidad de vida, siendo considerados marcadores centinela de exposición solar excesiva.

La implementación de estrategias avanzadas de protección solar incorpora evidencia científica actualizada y recomendaciones internacionales consolidadas. Según la publicación digital realizada por Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (APA-USA, 2021), se establecen protocolos específicos basados en el principio de precaución. La recomendación de no quemarse con el sol adquiere especial relevancia al considerar que las quemaduras solares aumentan significativamente el riesgo de desarrollar cáncer de piel, especialmente en los niños, donde incluso una única quemadura con ampollas durante la infancia puede duplicar el riesgo de melanoma en la vida adulta. Se debe evitar broncearse al sol o en camas de bronceado, reconociendo que la luz UV de las camas de bronceado y del sol causa arrugas y cáncer de piel, habiéndose clasificado las camas de bronceado como carcinógenos humanos del Grupo 1 por la Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer. La correcta aplicación de crema

protectora solar exige aplicarse con generosidad cerca de una onza de bloqueador solar en toda la piel expuesta unos 15 minutos antes de salir al aire libre, permitiendo la formación de una película homogénea protectora; la crema protectora debe tener un Factor de Protección Solar (SPF, por sus siglas en inglés) de por lo menos 30 y proporcionar protección de amplio espectro tanto de los rayos ultravioleta A (UVA) como de los ultravioleta B (UVB), debiendo reaplicarse cada dos horas, incluso en días nublados y después de nadar o sudar, ya que la eficacia disminuye por dilución, fricción y degradación fotoquímica.

La integración de medidas complementarias de protección establece un enfoque multimodal para la reducción del riesgo. El uso de ropa protectora representa una estrategia altamente efectiva, recomendándose vestimenta protectora, como una camisa de manga larga, pantalones, un sombrero de ala ancha y anteojos de sol, cuando sea posible, existiendo actualmente textiles con factor de protección ultravioleta (UPF) que ofrecen protección estandarizada y cuantificable. La búsqueda activa de sombra resulta particularmente importante durante las horas de máxima intensidad solar, recordando que los rayos UV del sol son más intensos entre las 10 a.m. y las 4 p.m., periodo durante el cual se recomienda planificar actividades en interiores o en espacios con sombra natural o artificial. Se debe ser bien cauteloso cuando esté cerca del agua, la nieve y la arena, reconociendo que estos elementos reflejan los rayos dañinos del sol, los cuales pueden aumentar su probabilidad de quemaduras de sol, con coeficientes de reflexión que pueden alcanzar 15% para la arena, 25% para el agua y hasta 80% para la nieve fresca. La consulta sistemática del índice UV ofrece información importante para ayudarle a planificar sus actividades al aire libre y así evitar la exposición excesiva al sol, siendo el pronóstico del Índice UV se emite diariamente por el Servicio Meteorológico Nacional y la EPA en múltiples países, incluido Perú a través del SENAMHI. Finalmente, respecto a la vitamina D, debe obtenerse de forma segura mediante una dieta que incluya suplementos vitamínicos y alimentos fortificados con vitamina D, no hay que buscarla del sol, desmitificando así la creencia de que se necesitan exposiciones prolongadas al sol para mantener niveles adecuados de este nutriente.

Capítulo III

*Diseñando el Espejo. Metodología para Capturar la
Realidad UV Universitaria*

Arquitectura Metodológica: integrando mediciones físicas y percepciones humanas

El presente proyecto de investigación se enmarca dentro de la categoría de investigación aplicada, enfoque que frecuentemente recibe la denominación de “investigación práctica o empírica” en la literatura especializada. Esta tipología metodológica se caracteriza fundamentalmente por buscar la aplicación y utilización concreta de los conocimientos previamente adquiridos, al mismo tiempo que genera nuevos saberes mediante la implementación y sistematización de prácticas basadas en evidencia científica. La investigación aplicada representa un puente fundamental entre el conocimiento teórico existente y las soluciones prácticas a problemas específicos, distinguiéndose de la investigación básica o pura por su orientación inmediata hacia la resolución de problemáticas tangibles en contextos reales. El uso sistemático del conocimiento acumulado y la implementación rigurosa de resultados de investigación configuran una forma organizada y metódica de aproximarse a la realidad, permitiendo no solo su comprensión profunda sino también su transformación positiva mediante intervenciones basadas en evidencia. Se empleará específicamente el tipo de investigación aplicada porque el estudio se centrará en la recolección sistemática de información requerida para el diseño del sistema de alerta UV, y en la identificación precisa de los requerimientos técnicos y humanos necesarios para su implementación exitosa (Hernández & Mendoza, 2018). Esta elección metodológica se justifica plenamente considerando que la investigación pretende generar un producto concreto -un sistema de alerta operativo- que responda a una necesidad urgente de salud pública en el ámbito universitario, trascendiendo así el análisis meramente teórico para adentrarse en el terreno de la aplicación práctica y la generación de impacto social medible.

En cuanto al nivel de investigación, el estudio se configura como correlacional debido a su naturaleza comparativa y relacional entre variables específicas. De acuerdo con las características del fenómeno en estudio, el nivel de la investigación es correlacional porque establece comparaciones sistemáticas entre dos variables fundamentales -la intensidad de la radiación UV ambiental y los patrones de exposición de la comunidad universitaria- y determina sus relaciones mutuas. Según Hernández & Mendoza,

za (2018) este tipo de investigaciones permite conocer la relación o grado de asociación que existe entre variables, así como establecer algún grado de predicción sobre su comportamiento futuro. El enfoque correlacional facilita establecer no solo la existencia de relaciones entre variables, sino también determinar la dirección y fuerza estadística de estas asociaciones, proporcionando así una base sólida para el desarrollo de modelos predictivos y sistemas de alerta temprana. En el contexto específico de esta investigación, el análisis correlacional permitirá identificar patrones estacionales y horarios de máxima exposición al riesgo, así como determinar las relaciones entre variables meteorológicas, geográficas y comportamentales que modulan el impacto de la radiación ultravioleta en la salud de la población universitaria. Este nivel de investigación resulta particularmente apropiado para estudios donde no es posible ni éticamente aceptable manipular las variables independientes -como es el caso de la exposición a radiación UV- pero donde es esencial comprender las dinámicas naturales de su interacción con variables dependientes relacionadas con la salud y el comportamiento humano.

El diseño metodológico seleccionado para esta investigación se enmarca en el paradigma no experimental, elección que determina significativamente las estrategias de recolección y análisis de datos. Según Hernández et al. (2003), en un estudio no experimental no se generan situaciones artificiales de investigación, sino que se observan fenómenos ya existentes en su contexto natural, no provocados intencionalmente por el investigador, preservando así la ecología natural del fenómeno en estudio. El diseño de la investigación es de tipo no experimental ya que sus variables fundamentales no son manipuladas deliberadamente, sino que se observan y miden en su contexto natural, manteniendo intactas las condiciones ambientales y comportamentales características del campus universitario. Esta aproximación metodológica ofrece ventajas significativas para la validez externa del estudio, ya que los hallazgos reflejarán fielmente las dinámicas reales de exposición a la radiación UV en el entorno universitario, sin las distorsiones que podrían introducirse mediante la manipulación experimental de variables. El diseño no experimental transversal permitirá capturar una visión comprehensiva del fenómeno en un período temporal definido, facilitando la identificación de relaciones entre variables en condiciones de máxima autenticidad ecológica, lo que resulta fundamental

para el posterior diseño de intervenciones preventivas contextualmente apropiadas y efectivas en el mundo real.

Estrategias Integrales de Recolección de Datos

La metodología de investigación implementada integra estratégicamente técnicas de análisis cuantitativo basadas en estadísticas descriptivas e inferenciales, las cuales servirán para describir, graficar, analizar, comparar, relacionar y resumir sistemáticamente los datos obtenidos mediante los instrumentos cuantitativos diseñados específicamente para este estudio. El enfoque cuantitativo permitirá la cuantificación precisa de las variables en estudio, facilitando el análisis estadístico de las relaciones entre la radiación UV y los patrones de exposición de la comunidad universitaria, así como la identificación de tendencias y patrones significativos a lo largo del período completo de investigación. Se realizará la clasificación, tabulación y presentación comprehensiva de los datos, utilizando cuadros y gráficos estadísticos especializados, en base a los resultados obtenidos del instrumento de recolección de datos seleccionado, implementando protocolos estandarizados que garantizan la confiabilidad y validez de las mediciones. La elección del enfoque cuantitativo se fundamenta en la necesidad de generar datos objetivos, replicables y generalizables sobre los niveles de radiación UV y su correlación con variables demográficas, académicas y comportamentales específicas de la población universitaria, proporcionando así una base empírica sólida para el diseño del sistema de alerta y las posteriores intervenciones educativas y preventivas basadas en evidencia concreta.

La definición operacional de la población y muestra del estudio refleja la naturaleza dual de la investigación, integrando tanto componentes físicos ambientales como dimensiones humanas comportamentales. La población estuvo constituida fundamentalmente por las mediciones sistemáticas de la variable índice de radiación UV solar, que se medirá con el sistema de monitoreo remoto instalado en el campus universitario, por lo que la población es homogénea en términos de su procedencia instrumental y condiciones de medición estandarizadas (Quispe, 2019, p. 56). Paralelamente, también se constituye como población los diversos actores que conforman la comunidad universitaria de la Universidad Nacional

de Piura; a quienes se les aplicará el respectivo cuestionario estandarizado para evaluar conocimientos, actitudes y prácticas relacionadas con la exposición a radiación UV. Para efecto del objetivo específico 2, centrado en el análisis detallado de percepciones y comportamientos, se estableció como población 60 (sesenta) estudiantes del departamento de ciencias que se encuentran matriculados en una asignatura del investigador en el semestre académico del 202401, selección que facilita el acceso metodológico y permite un seguimiento longitudinal detallado. Esta definición poblacional dual responde adecuadamente a la naturaleza mixta del fenómeno en estudio, reconociendo que la problemática de la radiación UV involucra tanto dimensiones físicas objetivas cuantificables mediante instrumentos de medición, como dimensiones humanas subjetivas que requieren aproximaciones metodológicas complementarias para su comprensión integral y contextualizada.

El procedimiento de muestreo implementado combina estratégicamente técnicas probabilísticas para la componente ambiental y criterios de accesibilidad para la dimensión humana. Para la selección de la muestra de mediciones ambientales se utilizará la técnica probabilística sistemática, por lo que fue necesario aplicar la fórmula estadística estándar que se ilustra a continuación, garantizando así la representatividad temporal de las mediciones a lo largo del período completo de estudio. En lo que respecta a la muestra del objetivo específico 2, centrado en los componentes actitudinales y comportamentales; está constituida por el total de la población accesible, es decir por 60 (sesenta) estudiantes matriculados en la asignatura a cargo del investigador en el semestre 202401, decisión metodológica que se justifica por consideraciones de viabilidad práctica y por el carácter exploratorio-descriptivo de esta componente específica de la investigación. El tamaño muestral para las mediciones ambientales se calculó considerando un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%, parámetros convencionales en investigación aplicada que garantizan un equilibrio adecuado entre precisión estadística y viabilidad operativa en contextos reales. Para la componente humana, el muestreo censal de la población accesible permite maximizar la potencia estadística de los análisis correlacionales planificados, mitigando potenciales sesgos de selección mediante la caracterización exhaustiva de la población específica bajo estudio en su contexto natural.

Figura 2. Fórmula de muestreo

Por tratarse de una población infinita se empleó la relación de las ecuaciones 3.1 y 3.2, para calcular el tamaño de muestra de las mediciones de la radiación UV solar.

$$n_0 = \frac{Z^2 P Q}{E^2} \tag{3.1}$$

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}} \tag{3.2}$$

Donde:

Z= 1.96, desviación estándar asociado al nivel de confianza.

N = infinito, tamaño de la población.

P = 0.50, probabilidad de fracaso.

Q = 0.50, probabilidad de éxito.

E = 0.05, error deseado de estimación.

n ≈ 384 muestras.

Por lo que, por la naturaleza del estudio se tomaron en total 480 muestras de índices de radiación ultravioleta solar que relacionan a señales de prevención de daños por eritema.

Fuente: Raymundo García (2024).

Triangulación Metodológica y Consideraciones Éticas

La estrategia de recolección de datos integra múltiples técnicas e instrumentos complementarios, configurando un diseño metodológico triangulado que fortalece significativamente la validez de constructo mediante la complementariedad sistemática de fuentes de información. La técnica de análisis documental se implementará mediante el instrumento de fichas documentales estandarizadas, las cuales permiten la obtención sistemática de la información referencial necesaria para evaluar los procesos históricos y contextuales relacionados con la radiación UV en la región de estudio. Se tomará información relevante de documentos técnicos especializados, informes meteorológicos históricos, y literatura científica actualizada, construyendo así un marco referencial robusto para la interpretación contextualizada de los datos primarios recolectados en el estudio. La técnica de observación sistemática se operacionalizará mediante el instrumento de guía de observación estructurada, la cual representa la acción planificada de observar fenómenos específicos relacionados con los patrones de exposición solar en el campus universitario. Se realiza mediante una guía meticulosamente diseñada que, por lo general, se estructura a través de columnas específicas que favorecen la organización rigurosa de los datos

recogidos, permitiendo el registro estandarizado de comportamientos, horarios de exposición, uso de medidas protectoras y características contextuales moduladoras del riesgo ultravioleta. Se tomarán los datos a través de guías de observación validadas mediante pilotaje previo, asegurando la confiabilidad interobservador mediante protocolos de entrenamiento y calibración estandarizados que garantizan la consistencia metodológica.

La técnica de encuesta se implementará mediante el instrumento de cuestionario estandarizado, el cual constituye una forma de interrogación sistemática y estandarizada que garantiza la comparabilidad de las respuestas entre los diferentes participantes del estudio. Se realizaron una serie de preguntas validadas bajo un formato estructurado que será aplicada a la muestra que ha sido seleccionada mediante los procedimientos previamente descritos, incorporando escalas Likert para medir actitudes, preguntas de conocimiento de opción múltiple, y ítems comportamentales de frecuencia e intensidad de exposición solar. La ubicación específica de la zona de estudio se delimitó operacionalmente en el campus central y con estudiantes de la Universidad Nacional de Piura, selección que responde a criterios de accesibilidad metodológica, representatividad institucional, y concentración poblacional, facilitando así la implementación logística del diseño metodológico mientras se mantienen condiciones de relevancia ecológica para los hallazgos del estudio. Los sujetos primarios de la investigación incluyen tanto el índice de radiación UV solar que se mide sistemáticamente desde julio del 2023 a julio del 2024, en la Universidad Nacional de Piura, como los miembros de la comunidad universitaria que constituyen la población objetivo de las componentes actitudinales y comportamentales de la investigación, configurando así una aproximación comprehensiva que integra dimensiones físicas ambientales y dimensiones humanas comportamentales del fenómeno en estudio de manera sistemática y complementaria.

Los aspectos éticos de la investigación han sido considerados meticulosamente a lo largo de todo el diseño y implementación del estudio, garantizando el cumplimiento de los estándares internacionales de investigación responsable. Se observó y recopiló la información de la radiación UV solar en el campus universitario, haciendo las coordinaciones previas correspondientes con las autoridades de la Universidad Nacional de Piura, este acto no representó ningún peligro físico, psicológico y tampoco algún im-

pacto negativo en el medio ambiente, cumpliendo así con los principios éticos fundamentales de no maleficencia y respeto por el entorno investigado. Los protocolos de investigación incluyen la obtención del consentimiento informado por escrito de todos los participantes humanos, la garantía de confidencialidad y anonimato en el manejo de los datos personales, la minimización de riesgos mediante el diseño no invasivo de los procedimientos, y la maximización de beneficios mediante la devolución sistemática de resultados a la comunidad universitaria. La investigación se alinea con los principios establecidos en la Declaración de Helsinki sobre investigación con seres humanos y con las normativas institucionales de ética en investigación, asegurando que los potenciales beneficios del conocimiento generado superen ampliamente los mínimos riesgos asociados con la participación en el estudio, y que los resultados contribuyan significativamente al bienestar y la protección de la salud de la comunidad universitaria en su conjunto, estableciendo así un marco de investigación éticamente sólido y metodológicamente riguroso.

Capítulo IV

*Del Dato a la acción: evidencias del Impacto UV y
Desarrollo del Sistema de Alerta*

Análisis de los Niveles de Radiación Ultravioleta en el Ámbito Universitario

Objetivo 1: Evaluación del Impacto de la Radiación UV

Con la finalidad de cuantificar el grado de exposición a la radiación ultravioleta en la comunidad estudiantil de la Universidad Nacional de Piura, se estableció un sistema de clasificación basado en escalas cromáticas y niveles de intensidad.

Tabla 2. Clasificación por color y nivel

Clasificación del riesgo solar	Color	Nivel
0 – 2	Verde	Bajo
3 – 5	Amarillo	Moderado
6 – 7	Naranja	Alto
8 – 10	Rojo	Muy alto
11 a mas	Violeta. Alertas periódicas	Extremo

Fuente: Raymundo García (2024).

Nota: La escala cromática de niveles se elaboró a partir del procesamiento de 1,800 datos de radiación UV, recolectados en cinco horarios específicos (8:00, 10:00, 12:00, 14:00 y 16:00 horas) durante el período comprendido entre julio de 2023 y julio de 2024. La siguiente tabla de frecuencias presenta los resultados de este análisis sistemático.

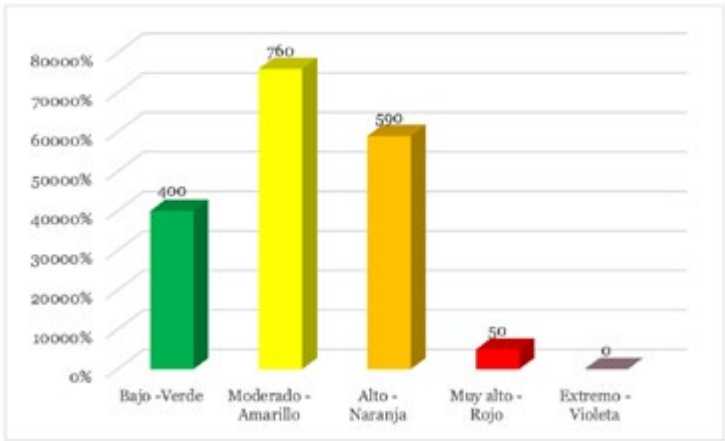
Tabla 3. Distribución de niveles UV

Nivel de la radiación UV		n
Bajo–Verde	400	22.2
Moderado – Amarillo	760	42.2
Alto–Naranja	590	32.8
Muy alto–Rojo	50	2.8
Extremo – Violeta	0	0
Total	1800	100

Fuente: Raymundo García (2024).

Nota. Información procesada desde la base de datos extraída de Senamhi.

Figura 3. Clasificación de datos UV



Fuente: Raymundo García (2024).

Nota. Datos tomados de la tabla 1

De acuerdo con los resultados presentados en la Tabla 1 y la Figura 1, la distribución de los niveles de radiación ultravioleta se estructura de la siguiente manera: el 22,2% de los registros se clasifican en el nivel bajo, asociado al color verde; el 42,2% corresponde al nivel moderado, identificado con el color amarillo; el 32,8% se sitúa en el nivel alto, representado por el color naranja; y el 2,8% restante alcanza el nivel muy alto, indicado con el color rojo. Cabe destacar que no se registraron datos correspondientes al nivel extremo durante el periodo de estudio.

Análisis del Impacto de la Radiación UV en la Población Universitaria

Para determinar el efecto de la radiación ultravioleta en la comunidad académica de la Universidad Nacional de Piura, se presenta un análisis comparativo de los resultados obtenidos mediante la aplicación de pruebas previas y posteriores a la intervención. Cada tabla incluye una interpretación narrativa que facilita la comprensión de los hallazgos, con especial énfasis en la dimensión de conocimiento sobre radiación UV.

Tabla 4. Horarios críticos de radiación UV

HORARIO	PRE		POST	
	n	%	n	%
8am-2pm	40	66.7	3	5.0
10am-4pm	20	33.3	57	95.0
Total	60	100	60	100

Fuente: Raymundo García (2024).

Nota: La Tabla 4 evidencia una mejora significativa en el reconocimiento de los horarios de máxima radiación UV. Mientras que en la fase inicial solo el 33.3% de los participantes identificaba correctamente estos periodos, tras la intervención el 95% demostró comprender los horarios de mayor riesgo UV.

Tabla 5. Actividades exteriores (10:00-16:00 h)

	PRE		POST	
	n	%	n	%
Si	35	58.3	8	13.3
No	25	41.7	52	86.7
Total	60	100	60	100

Fuente: Raymundo García (2024).

Nota de análisis: La Tabla 5 demuestra que, tras la intervención, el 86.7% de la muestra evita realizar actividades al aire libre entre las 10:00 h y 16:00 h, como resultado de haber adquirido conciencia sobre los efectos de la radiación UV en este horario crítico.

Tabla 6. Exposición solar en horario crítico (10:00-16:00 h)

	PRE		POST	
	n	%	n	%
Si	47	78.3	15	25.0
No	13	21.7	45	75.0
Total	60	100	60	100

Fuente: Raymundo García (2024).

Nota: La Tabla 6 evidencia que, tras la intervención, el 75% de la muestra evita la exposición solar en horarios de alta radiación, representando un incremento significativo respecto al 21.7% registrado en la fase inicial.

Tabla 7. Conocimiento del Índice UV.

	PRE		POST	
	n	%	n	%
Si	16	26.7	50	83.3
No	44	73.3	10	16.7
Total	60	100	60	100

Fuente: Raymundo García (2024).

Nota. En la etapa de post test, queda demostrado que se incrementó al 83.3% la cantidad de la muestra que, SI conoce el término índice de radiación ultravioleta, mejorando el 26.7% que se obtuvo en la etapa de pre.

Tabla 8. Alta exposición UV causa daño cutáneo

	PRE		POST	
	n	%	n	%
Si	27	45.0	53	88.3
No	33	55.0	7	11.7
Total	60	100	60	100

Fuente: Raymundo García (2024).

Nota. En la tabla 8 se observa que el resultado en post se incrementó del 45% al 88.3% de la cantidad de la muestra que SI conocen que las exposiciones continuas con altas radiaciones UV causan daños a la piel.

Tabla 9. Comprensión del Factor Solar

	PRE		POST	
	n	%	n	%
Si	15	25.0	52	86.7
No	45	75.0	8	13.3
Total	60	100	60	100

Fuente: Raymundo García (2024).

Nota. En Tabla 9 se desprende que en la etapa post el 86.7% de la muestra SI conoce el factor de protección solar versus el 25% que existía en la etapa pre.

Tabla 10. Familiaridad con melanoma

	PRE		POST	
	n	%	n	%
Si	4	6.7	19	31.7
No	56	93.3	41	68.3
Total	60	100	60	100

Fuente: Raymundo García (2024).

Nota: La Tabla 10 evidencia una mejora sustancial en el conocimiento sobre cáncer de piel, alcanzando un 31.3% en la fase posterior a la intervención, en contraste con el 6.7% registrado en la evaluación inicial.

Tabla 11. Conocimiento de prevención del cáncer de piel

	PRE		POST	
	n	%	n	%
Si	13	21.7	21	35.0
No	47	78.3	39	65.0
Total	60	100	60	100

Fuente: Raymundo García (2024).

Nota. En la Tabla 11 se deduce e en la etapa post el conocimiento de cómo prevenir los tipos de cáncer de piel se ha incrementado al 35.0% contra el 21.7% que se conocía en la etapa pre.

Prevención del cáncer de piel: nivel de conocimiento

Tabla 12. Utiliza gorro o sombrero para protegerse

	PRE		POST	
	n	%	n	%
Nunca	5	8.3	0	0.0
Casi nunca	41	68.3	5	8.3
A veces	14	23.3	14	23.3

	PRE		POST	
	n	%	n	%
Frecuente-mente	0	0.0	11	18.3
Siempre	0	0.0	30	50.0
Total	60	100	60	100

Fuente: Raymundo García (2024).

Nota. En la Tabla 12 se puede diferir que en la etapa post siempre el uso de gorro o sombrero para protegerse se incrementó significativamente a un 50% contra el 0.0% que se utilizaba en la etapa pre.

Tabla 13. Uso de sombrilla protectora

	PRE		POST	
	n	%	n	%
Nunca	32	53.3	0	0.0
Casi nunca	18	30.0	0	0.0
A veces	10	16.7	16	26.7
Frecuentemente	0	0.0	22	36.7
Siempre	0	0.0	22	36.7
Total	60	100	60	100

Fuente: Raymundo García (2024).

Nota: La Tabla 13 revela que, tras la intervención, el uso frecuente y constante de sombrilla como medida de protección solar alcanzó un 36.3% en ambos casos, mostrando una diferencia significativa respecto al 0.0% registrado en la evaluación inicial.

Tabla 14. Protección ocular con lentes

	PRE		POST	
	n	%	n	%
Nunca	5	8.3	1	1.7
Casi nunca	24	40.0	15	25.0
A veces	20	33.3	13	21.7
Frecuentemente	8	13.3	9	15.0

	PRE		POST	
	n	%	n	%
Siempre	3	5.0	22	36.7
Total	60	100	60	100

Fuente: Raymundo García (2024).

Nota. En la Tabla 14 el 36.7% de la muestra, en la etapa de post, expresa que siempre utiliza lentes para protegerse, este resultado es significativo versus el 5% respondido en la etapa de pre.

Tabla 15. Uso de lentes con protección UV

	PRE		POST	
	n	%	n	%
Nunca	7	11.7	1	1.7
Casi nunca	16	26.7	5	8.3
A veces	37	61.7	5	8.3
Frecuentemente	0	0.0	9	15.0
Siempre	0	0.0	40	66.7
Total	60	100	60	100

Fuente: Raymundo García (2024).

Nota: La Tabla 15 evidencia una mejora sustancial en el uso de lentes con filtro UV, alcanzando un 66.7% de frecuencia constante en la etapa posterior, en marcado contraste con el 0.0% registrado en la evaluación inicial.

Tabla 16. Uso de bloqueador solar

	PRE		POST	
	n	%	n	%
Nunca	9	15.0	0	0.0
Casi nunca	16	26.7	0	0.0
A veces	20	33.3	7	11.7
Frecuentemente	7	11.7	39	65.0
Siempre	8	13.3	14	23.3
Total	60	100	60	100

Fuente: Raymundo García (2024).

Nota: La Tabla 16 demuestra un avance significativo en el uso frecuente de bloqueador solar, alcanzando un 65.0% en la etapa posterior, en contraste con el 11.7% registrado en la fase inicial del estudio.

Tabla 17. Frecuencia de protección FPS 100

	PRE		POST	
	n	%	n	%
Nunca	11	18.3	0	0.0
Casi nunca	15	25.0	0	0.0
A veces	23	38.3	5	8.3
Frecuentemente	4	6.7	11	18.3
Siempre	7	11.7	44	73.3
Total	60	100	60	100

Fuente: Raymundo García (2024).

Nota: La Tabla 17 evidencia un avance sustancial en el uso constante de bloqueador solar con FPS 100, registrándose un 73.3% en la fase posterior, frente al 11.7% documentado en la evaluación inicial.

Tabla 18. Uso de ropa de protección

	PRE		POST	
	n	%	n	%
Nunca	18	30.0	0	0.0
Casi nunca	14	23.3	1	1.7
A veces	13	21.7	5	8.3
Frecuentemente	8	13.3	23	38.3
Siempre	7	11.7	31	51.7
Total	60	100	60	100

Fuente: Raymundo García (2024).

Nota. En la Tabla 18 se deduce que el 51.7% de la muestra, en la etapa de post, respondió que siempre utiliza ropa manga larga y pantalones largos lo cual es una mejora significativa con el resultado obtenido en la etapa de pre que fue de 11.7%

Tabla 19. Infraestructura con sombra UNP

	PRE		POST	
	n	%	n	%
Nunca	36	60.0	0	0.0
Casi nunca	19	31.7	15	25.0
A veces	5	8.3	32	53.3
Frecuentemente	0	0.0	13	21.7
Siempre	0	0.0	0	0.0
Total	60	100	60	100

Fuente: Raymundo García (2024).

Nota: La Tabla 19 refleja una mejora sustancial en la percepción sobre la promoción de espacios techados o con sombra por parte de la UNP, alcanzando un 53.3% en la fase posterior, en contraste con el 8.3% registrado en la evaluación inicial.

Tabla 20. Campañas de prevención de cáncer cutáneo UNP

	PRE		POST	
	n	%	n	%
Nunca	0	0.0	0	0.0
Casi nunca	11	18.3	1	1.7
A veces	23	38.3	7	11.7
Frecuentemente	20	33.3	27	45.0
Siempre	6	10.0	25	41.7
Total	60	100	60	100

Fuente: Raymundo García (2024).

Nota: La Tabla 20 evidencia una mejora en la percepción sobre las campañas de concientización para la prevención del cáncer de piel promovidas por la UNP, alcanzando un 45.0% de frecuencia en la etapa posterior, frente al 33.3% registrado en la fase inicial.

Componente de Innovación: Aplicación para Monitoreo Ultravioleta

Tabla 21. Valoración de app de alerta UV UNP

	PRE		POST	
	n	%	n	%
Nada importante	0	0.0	0	0.0
Poco importante	12	20.0	0	0.0
Ni importante	25	41.7	0	0.0
Importante	21	35.0	28	46.7
Muy importante	2	3.3	32	53.3

Fuente: Raymundo García (2024).

Nota: La Tabla 21 evidencia un cambio significativo en la valoración de la aplicación de alerta UV, donde el 53.3% de la muestra considera “Muy importante” su implementación en la UNP durante la etapa posterior, superando ampliamente el 3.3% registrado en la fase inicial.

Tabla 22. Conocimiento y valoración de app UV

	PRE		POST	
	n	%	n	%
Muy Mala	40	66.7	0	0.0
Mala	15	25.0	0	0.0
Regular	2	3.3	4	6.7
Buena	3	5.0	13	21.7
Muy Buena	0	0.0	43	71.7
Total	60	100	60	100

Fuente: Raymundo García (2024).

Nota: La Tabla 22 refleja una percepción mayoritariamente positiva sobre la aplicación móvil de alerta UV, con un 71.7% de la muestra calificándola como “Muy buena” en la etapa posterior, en contraste con el 0.0% registrado en la evaluación inicial.

Objetivo 3: Innovación Tecnológica para la Fotoprotección. Diseño de un Sistema de Alerta UV

El tercer objetivo de esta investigación se orientó hacia el desarrollo de una propuesta tecnológica concreta para mitigar el impacto de la radiación solar ultravioleta mediante el diseño e implementación de un sistema de alerta temprana. Esta iniciativa surge como respuesta a la evidencia científica que demuestra la creciente incidencia de enfermedades dermatológicas relacionadas con la exposición solar en poblaciones universitarias, particularmente en regiones de alta insolación como Piura. La aplicación móvil desarrollada se fundamenta en un enfoque preventivo y educativo, integrando capacidades de medición y monitoreo continuo del índice de radiación UV en tiempo real, complementado con un sistema de notificaciones push en dispositivos móviles diseñado para asistir a los usuarios en la protección efectiva de su piel contra los efectos nocivos de la exposición solar acumulativa. La plataforma representa una convergencia entre la tecnología móvil contemporánea y las necesidades de salud pública identificadas en el diagnóstico inicial, constituyéndose como una herramienta accesible que empodera a la comunidad universitaria mediante información personalizada y recomendaciones basadas en evidencia científica actualizada sobre fotoprotección.

Arquitectura Funcional y Personalización de la Intervención Digital

La aplicación de medición de radiación ultravioleta desarrollada proporciona información detallada y contextualizada sobre el índice UV específico para la ubicación geográfica del usuario, con especial focalización en el campus de la Universidad Nacional de Piura como zona de estudio prioritaria. La delimitación georreferenciada se realizó mediante la integración de Google Maps API, estableciendo perímetros virtuales que permiten ofrecer recomendaciones hiperlocales y contextualmente relevantes para los diferentes espacios universitarios. Esta característica resulta particularmente valiosa para la toma de decisiones informadas respecto a la exposición solar, especialmente cuando se combina con el algoritmo de personalización según el tipo de piel del usuario, creando así un sistema

de recomendación adaptativo que considera tanto variables ambientales como características individuales de susceptibilidad cutánea. La implementación de esta funcionalidad responde a hallazgos documentados en la literatura especializada que destacan la importancia de la personalización en intervenciones de salud pública, particularmente en contextos donde factores como la pigmentación melanínica, la edad y el historial de exposición solar modifican sustancialmente la vulnerabilidad individual a los daños por radiación UV.

Entre las características técnicas más relevantes de la aplicación destaca su sistema de geolocalización automática, que utiliza el GPS del dispositivo móvil para obtener coordenadas precisas de latitud y longitud, permitiendo calcular el índice UV específico para la ubicación exacta del usuario mediante algoritmos de interpolación espacial. Cuando los usuarios no han concedido previamente los permisos de ubicación, la aplicación implementa un protocolo de solicitud contextual que explica los beneficios de esta funcionalidad para la precisión de las recomendaciones, siguiendo las mejores prácticas en diseño de experiencia de usuario para aplicaciones de salud móvil. El módulo de consulta del índice UV en tiempo real se sustenta en la conexión con una API de pronóstico meteorológico de alta precisión, utilizando la librería Retrofit para optimizar la comunicación y el intercambio de datos con los servidores remotos, garantizando así la actualización horaria de los niveles de radiación ultravioleta a lo largo de todo el ciclo diario. Esta granularidad temporal permite a los usuarios consultar la evolución previsible de los niveles de radiación UV durante las diferentes franjas horarias, facilitando la planificación anticipada de actividades al aire libre en periodos de menor riesgo.

Personalización y Mecanismos de Alerta para la Prevención Contextualizada

El sistema de personalización según fototipo cutáneo representa uno de los componentes más innovadores de la aplicación, permitiendo a los usuarios seleccionar su tipo de piel dentro de una clasificación que abarca desde el tipo I (piel muy clara, siempre se quema, nunca se broncea) hasta el tipo VI (piel muy oscura, nunca se quema). Cada categoría se asocia con un algoritmo específico que calcula el tiempo máximo recomendado de

exposición solar en función del índice UV actual, basándose en los estándares internacionales de fotoprotección establecidos por organizaciones como la Organización Mundial de la Salud y la Academia Americana de Dermatología. Por ejemplo, cuando el índice UV alcanza niveles considerados altos (valores entre 6-7), el tiempo máximo de exposición para un usuario con fototipo I podría limitarse a 15-20 minutos, mientras que para un usuario con fototipo IV podría extenderse a 45-60 minutos, siempre considerando las medidas de protección complementarias. Esta personalización avanzada responde a la evidencia científica que demuestra cómo la respuesta cutánea a la radiación UV varía significativamente según la concentración y distribución de melanina epidérmica, requiriendo por tanto recomendaciones diferenciadas que optimicen la relación beneficio-riesgo de la exposición solar.

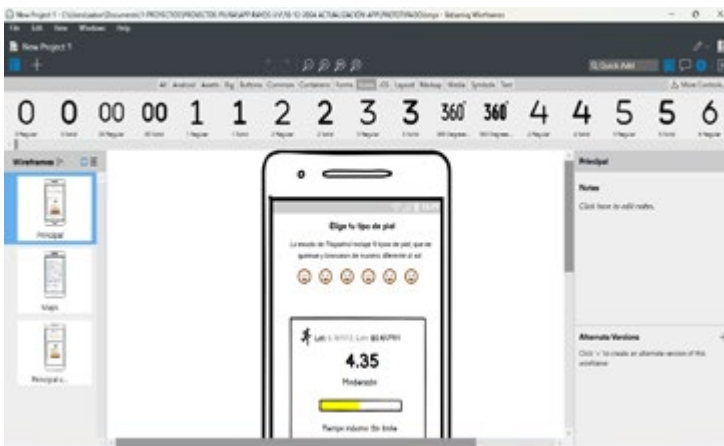
El sistema de alertas proactivas se activa automáticamente cuando el índice UV alcanza o supera el nivel 8, considerado como “muy alto” según la clasificación de la Organización Meteorológica Mundial, generando notificaciones inmediatas que recomiendan la adopción de medidas de protección específicas como aplicación de protector solar de espectro amplio, uso de ropa protectora, búsqueda de sombra y protección ocular especializada. Estas notificaciones se emiten considerando tanto la ubicación actual del usuario como las condiciones meteorológicas previstas, integrando datos de múltiples fuentes para generar recomendaciones contextualizadas que maximicen su relevancia y utilidad práctica. La interfaz de usuario se diseñó siguiendo principios de usabilidad y accesibilidad, presentando la información sobre índice UV, tiempo máximo de exposición recomendado y alertas activas de manera clara e intuitiva, con especial atención a principios de diseño inclusivo que faciliten su uso por personas con diferentes niveles de alfabetización digital. Un elemento distintivo de la interfaz es el botón de verificación de ubicación universitaria, que permite confirmar si el usuario se encuentra dentro de los límites del campus de la Universidad Nacional de Piura, activando funcionalidades específicas y mostrando visualizaciones personalizadas del entorno universitario junto con recomendaciones adaptadas a los espacios físicos concretos donde se desarrollan las actividades académicas y recreativas.

Desde una perspectiva ambiental amplia, la aplicación de medición de radiación UV trasciende su función inmediata de protección indivi-

dual para constituirse como una herramienta valiosa en la promoción de conciencia ambiental colectiva dentro de la comunidad universitaria. Al integrar el monitoreo en tiempo real del índice UV con un enfoque de protección solar personalizada, la aplicación aborda de manera integral una problemática ambiental creciente como es el incremento de la radiación solar ultravioleta, fenómeno asociado al deterioro progresivo de la capa de ozono estratosférico y a la amplificación de sus efectos por el cambio climático antropogénico. La plataforma representa así una confluencia entre la innovación tecnológica, la salud pública y la educación ambiental, ofreciendo un enfoque multidimensional que considera simultáneamente la protección de la salud individual, la sostenibilidad ambiental y la construcción de comunidades resilientes frente a los desafíos planteados por las modificaciones en los patrones de radiación ultravioleta a nivel global. Esta integración de dimensiones individuales y colectivas posiciona a la aplicación como un modelo transferible para otras instituciones educativas que busquen implementar estrategias tecnológicamente avanzadas para la gestión del riesgo asociado a la exposición solar en sus comunidades universitarias.

Diseño de la Interfaz: prototipado y experiencia de usuario en Balsamiq Wireframes

Figura 4. Prototipo de interfaz principal



Fuente: Raymundo García (2024).

Nota. Antes de realizar la codificación en el ID de Android Studio, se hizo un prototipado de la aplicación para que se tenga base sobre cómo debería ser el aplicativo.

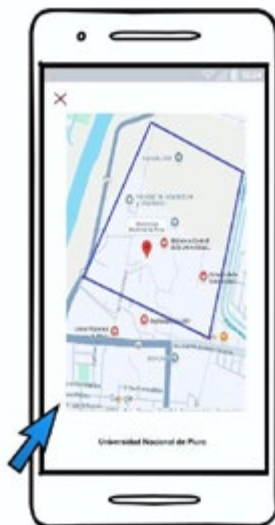
Figura 5. Interfaz de selección de piel



Fuente: Raymundo García (2024).

Nota: Esta interfaz evidencia la estructuración de requerimientos para la aplicación UV, integrando tres componentes fundamentales: la selección del tipo de piel por parte del usuario, las coordenadas geográficas (Latitud y Longitud) del área de estudio, y los parámetros de radiación ultravioleta. El prototipo incorpora un botón “VER MAPA” que, al ser activado, despliega una ventana modal con la geolocalización de la Universidad Nacional de Piura, incluyendo la delimitación perimétrica del campus universitario. Esta funcionalidad permite la visualización espacial contextualizada de los datos de radiación UV en relación con la ubicación específica de la comunidad universitaria.

Figura 6. Interfaz de geolocalización



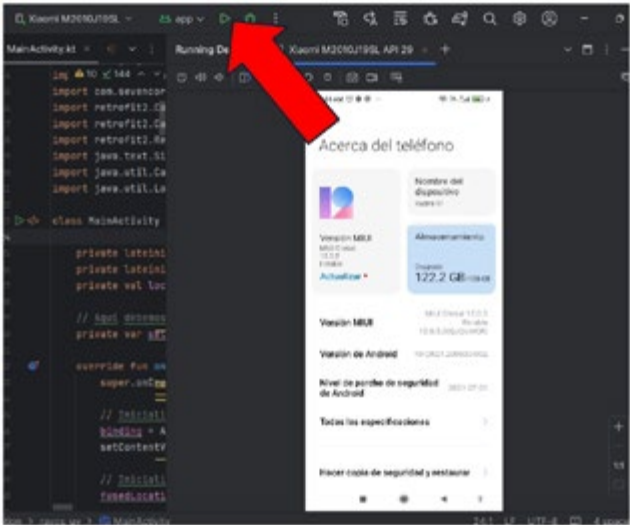
Fuente: Raymundo García (2024).

Nota. En la imagen anterior se muestra la ubicación de la Universidad Nacional de Piura, con sus respectivos límites, en la cual solamente se debe ejecutar la aplicación, mostrando los índices de radiación UV, caso contrario debe imprimir un mensaje que indique “Se encuentra fuera de la zona”.

Implementación y Configuración de la Aplicación Móvil

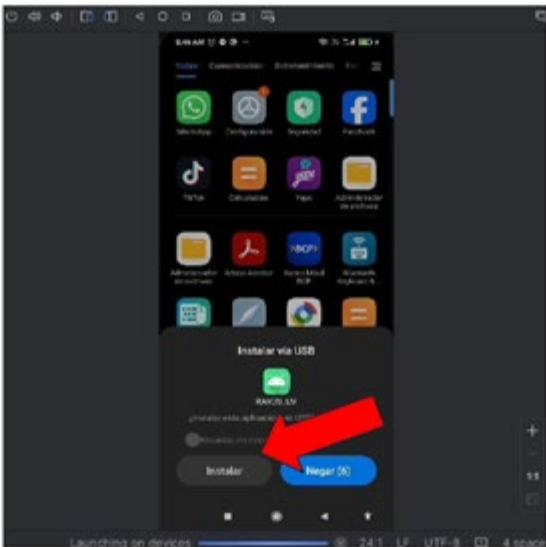
El proceso de instalación y despliegue de la aplicación se ejecutó mediante el entorno de desarrollo de Android Studio, utilizando simultáneamente el emulador oficial de Android y un dispositivo físico Redmi 9T para validar la compatibilidad multiplataforma. Previo a la implementación, se realizó una configuración exhaustiva del dispositivo móvil que incluyó la habilitación de opciones de desarrollador, permisos de ubicación y servicios de notificaciones push. La ejecución inicial se llevó a cabo mediante la función ‘Run App’ del entorno integrado de desarrollo (IDE), permitiendo la compilación, instalación automática y verificación del funcionamiento básico de todas las interfaces del sistema antes de proceder con las pruebas de usuario exhaustivas.

Figura 7. Datos técnicos del móvil



Fuente: Raymundo García (2024).

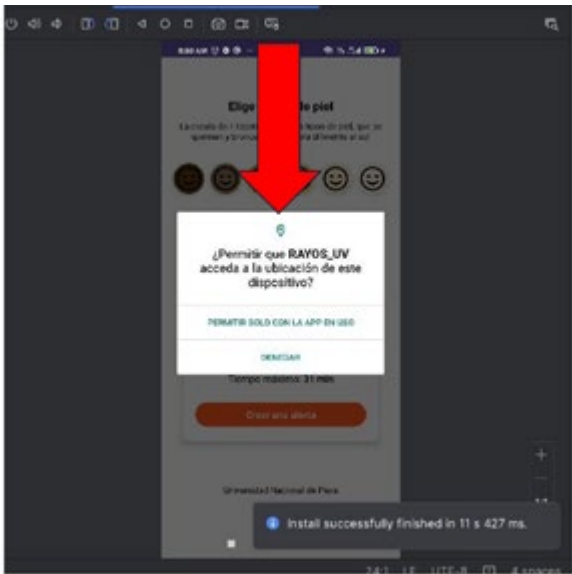
Figura 8. Instalación de la APP en celular



Fuente: Raymundo García (2024).

Nota. Se procedió a instalar la app vía USB en el equipo móvil, para ello se debe dar permiso.

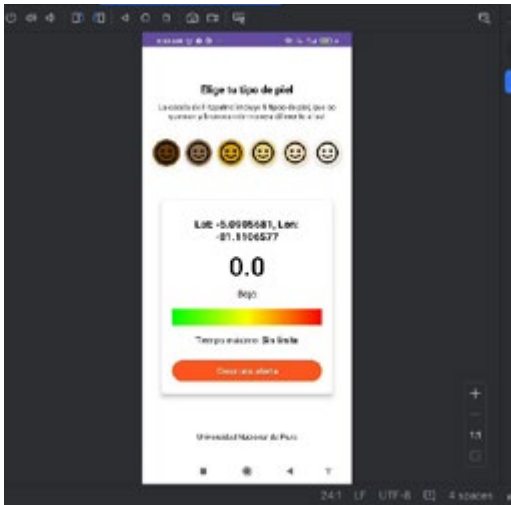
Figura 9. Configuración de instalación



Fuente: Raymundo García (2024).

Nota. Se procede a conceder los permisos respectivos para obtener la ubicación del equipo móvil.

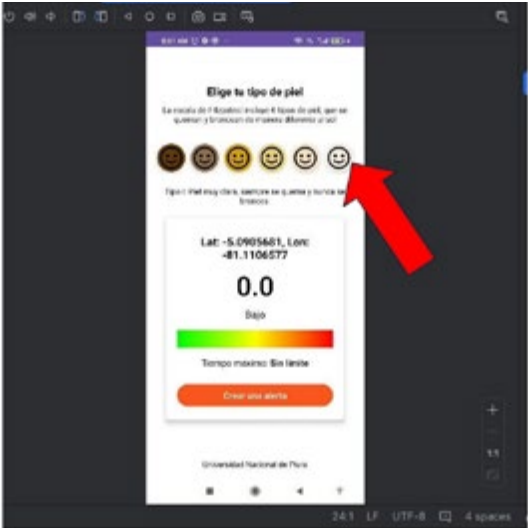
Figura 10. Datos de configuración



Fuente: Raymundo García (2024).

Nota. Una vez instalada la App ya se puede visualizar la Interfaz mediante el cual se obtendrá el índice de radiación de acuerdo al rango.

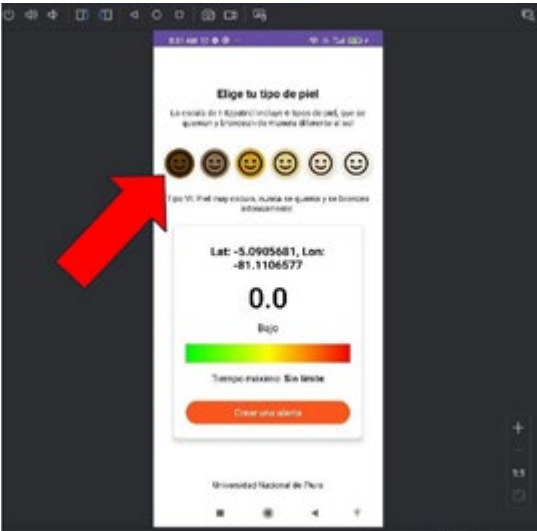
Figura 11. Selección de fototipo



Fuente: Raymundo García (2024).

Nota. Al dar clic en la carita sombreada de color claro, se imprime un mensaje titulado como: Tipo I, Piel muy clara, siempre se quema y nunca se broncea.

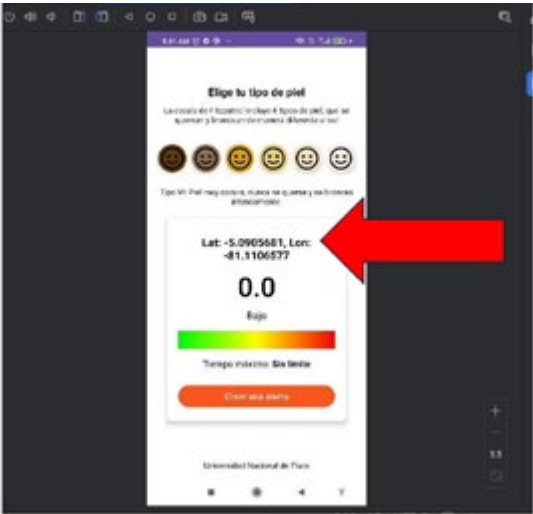
Figura 12. Tipos de piel y sus características



Fuente: Raymundo García (2024).

Nota. Por lo consiguiente si se da clic en la carita de color oscuro, aparece un mensaje indicando el tipo de piel: Tipo VI, Piel muy oscura, nunca se quema y se broncea intensamente.

Figura 13. Tipo cutáneo y ubicación



Fuente: Raymundo García (2024).

Nota. Información de la ubicación del usuario: Lat: -5.0905681, Lon: -81.1106577

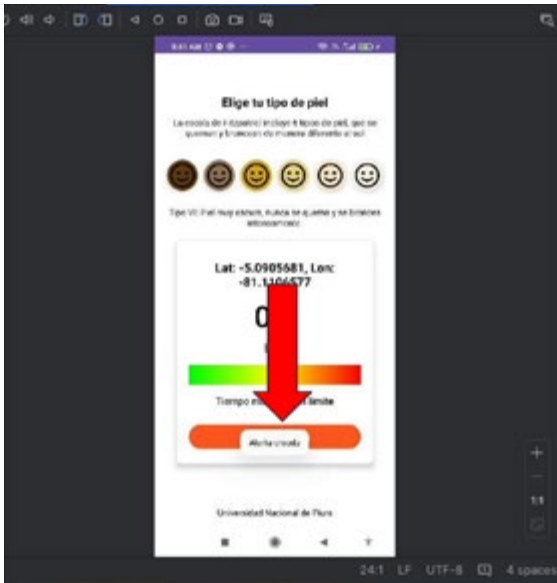
Figura 14. Geolocalización por coordenadas



Fuente: Raymundo García (2024).

Nota. Ubicación representada en Google Maps, desde las coordenadas referenciales proporcionadas por el APP.

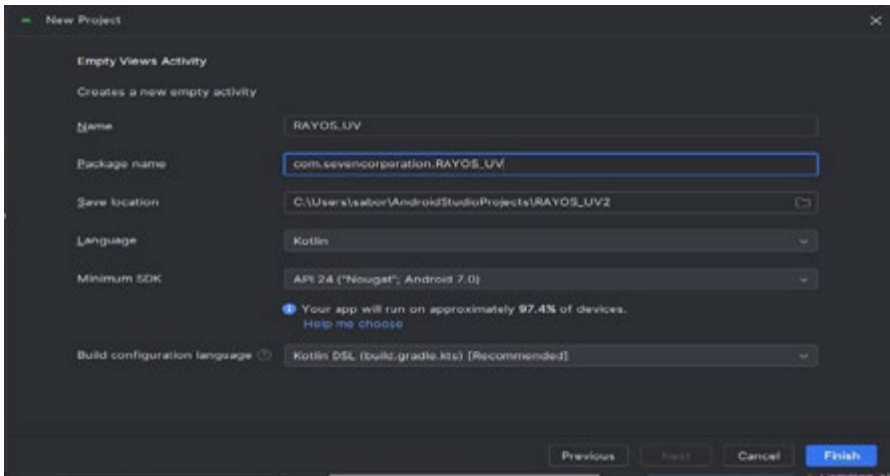
Figura 15. Activación de alertas en APP



Fuente: Raymundo García (2024).

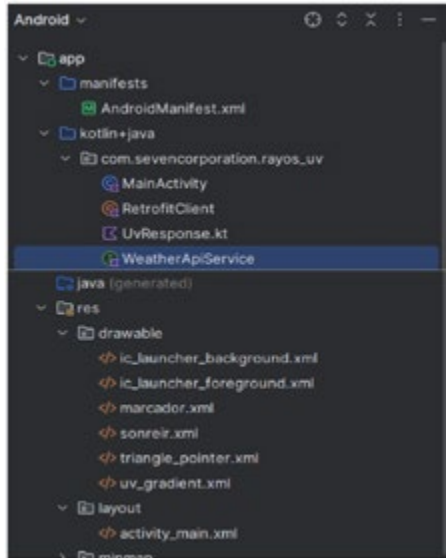
Nota. Al dar clic en “Crear una alerta”, imprime el mensaje de “Alerta creada”.

Figura 16. Instalación del IDE Android



Fuente: Raymundo García (2024).

Figura 17. Estructura del proyecto de APP



Fuente: Raymundo García (2024).

Estructura Del Proyecto De APP

Carpeta raíz APP

Esta es la carpeta principal que contiene todos los archivos y subcarpetas del proyecto Android. Dentro de esta carpeta se encuentran los recursos, el código fuente y las configuraciones del proyecto sobre radiación UV.

Sub-Carpeta manifests

Esta carpeta contiene el archivo `AndroidManifest.xml`, que es esencial para cualquier aplicación Android. El manifiesto declara la estructura de la aplicación, los permisos requeridos (como acceso a la red o a la cámara), las actividades, los servicios, y otras configuraciones importantes.

Archivo AndroidManifest.xml: Es el archivo donde defines las actividades de la aplicación, los permisos necesarios (como acceso a Internet, si se está obteniendo datos de un API de radiación UV), y otras configuraciones a nivel de sistema operativo.

Sub-Carpeta Kotlin+java

En esta carpeta se encuentra el código fuente de la aplicación, tanto en Kotlin como en Java. Dado que se está trabajando con el lenguaje Kotlin. Esta carpeta tiene cuatro archivos los cuales se detallan a continuación:

Archivos dentro de la subcarpeta Kotlin+java: o MainActivity.kt:

Este es el archivo principal de la actividad que se ejecuta cuando la aplicación inicia. En Android, una actividad no es más que una pantalla de la aplicación. Aquí *MainActivity.kt* probablemente se esté inicializando la interfaz de usuario (UI), haciendo la llamada a la API que proporciona la radiación UV, y manejando la lógica para mostrar la alerta según el color de piel del usuario y la radiación UV.

En resumen, este archivo contiene la lógica de la pantalla inicial, donde el usuario puede interactuar con la aplicación. o *RetrofitClient.kt*:

Este archivo es responsable de configurar *Retrofit*, la cual es una biblioteca que facilita la conexión con APIs web (en este caso, una API que devuelve información sobre la radiación UV).

Aquí se define la instancia de *Retrofit*, la base URL, y los métodos que interactúan con la API de radiación UV. Básicamente, *Retrofit* es la herramienta que se usa para hacer solicitudes HTTP y recibir respuestas en formato JSON. o *UvResponse.kt*:

Este archivo define el modelo de datos que representa la respuesta que se obtiene de la API. Usualmente, un archivo. kt como este, contiene clases de datos, las cuales corresponden con los objetos JSON que devuelve la API. Este archivo se usa para convertir la respuesta JSON de la API en objetos Kotlin. o *WeatherApiService.kt*:

Este archivo define una interfaz que utiliza *Retrofit* para hacer solicitudes HTTP. En general, aquí se define cómo se hacen las peticiones a la API de radiación UV.

Sub carpeta res

La carpeta *res* contiene todos los recursos no relacionados con el código fuente, como imágenes, layouts (interfaces de usuario), strings (cadenas de texto), colores, etc.

Carpeta drawable

Aquí es donde se colocan los recursos gráficos, como íconos, imágenes de fondo, etc. Estos archivos pueden ser utilizados en la interfaz de usuario (UI). Si, por ejemplo, se tienen íconos para alertas de UV alto o bajo, se pondrán en esta carpeta.

Subcarpeta layout

Aquí se almacenan los archivos XML que definen el diseño de las actividades de la aplicación.

Archivo activity_main.xml

Este es un archivo de diseño de la interfaz de usuario para *MainActivity*, en el cual, a fines de que se dispongan de elementos de la UI, como botones, textos, imágenes, y demás.

El archivo XML se utiliza para declarar de forma estructural cómo deben aparecer los elementos en la pantalla. Android tomará este archivo y lo convertirá en una interfaz visual.

¿Cómo se conectan entre sí?

MainActivity.kt:

Carga el archivo `activity_main.xml` para mostrar la UI.

Usa `RetrofitClient` para hacer las solicitudes HTTP a la API y obtiene la información sobre la radiación UV.

Procesa la respuesta de la API usando el modelo `UvResponse.kt`. Dependiendo del valor del índice UV, muestra una alerta, posiblemente utilizando algún gráfico o mensaje visual.

RetrofitClient.kt

Proporciona la configuración de Retrofit y el servicio de la API.

UvResponse.kt

Recibe y mapea los datos de la respuesta de la API (por ejemplo, el índice UV) a un objeto Kotlin.

WeatherApiService.kt

Define los métodos que interactúan con la API de radiación UV.

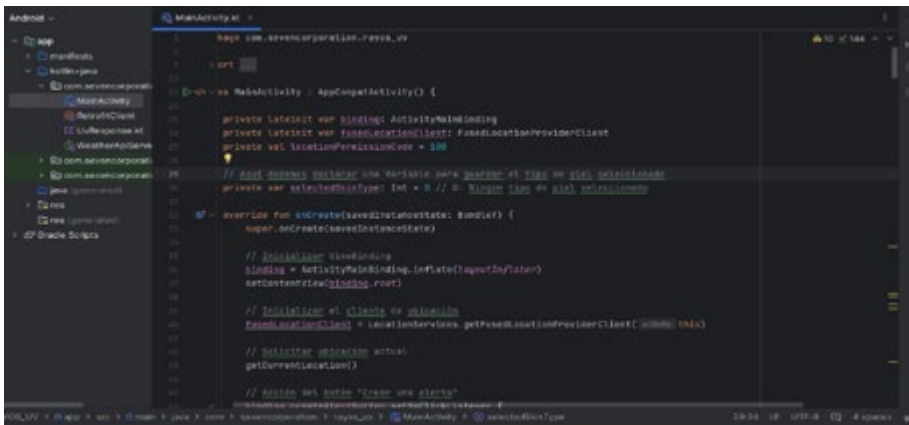
activity_main.xml

Declara los elementos visuales en la pantalla (botones, textos, etc.) donde el usuario verá la información sobre el índice UV y las alertas.

Resumen de flujo de la aplicación:

- a. MainActivity.kt carga la UI desde activity_main.xml.
- b. MainActivity.kt utiliza RetrofitClient para hacer una solicitud a la API de radiación UV.
- c. WeatherApiService.kt define la forma en que se realiza la solicitud a la API y la respuesta.
- d. UvResponse.kt contiene la estructura de datos de la respuesta de la API.
- e. En función de la respuesta, MainActivity.kt muestra una alerta basada en el índice UV y el color de piel del usuario.
- f. Esta estructura permitió tener un código organizado y poder modular, donde cada parte se encarga de una tarea en específico, como hacer peticiones a la API, manejar la UI, o definir la estructura de los datos.

Figura 18. Creación del MainActivity.kt



Fuente: Raymundo García (2024).

Nota. Este código es una aplicación de Android que calcula el tiempo máximo de exposición a la radiación UV en función del tipo de piel del usuario y el índice UV actual en su ubicación.

Además, la aplicación envía alertas cuando el índice UV es alto. En los siguientes puntos se explica las partes principales del código:

1. Configuración inicial y dependencias

El código usa varios componentes de Android, como Activity Compat, NotificationManagerCompat, y FusedLocationProviderClient para obtener la ubicación del usuario. Además, usa Retrofit para hacer solicitudes HTTP a una API externa para obtener el índice UV actual.

2. Variables e inicialización

- **binding:** Se utiliza para acceder a los elementos de la interfaz de usuario (UI) de la actividad (ActivityMainBinding).
- **fusedLocationClient:** Este es el cliente para obtener la ubicación actual del dispositivo.
- **selectedSkinType:** Esta variable guarda el tipo de piel seleccionado por el usuario. Los valores de tipo de piel van de 1 a 6.

3. Método onCreate

Este es el método que se ejecuta cuando la actividad se crea:

- **Inicialización de ViewBinding:** Se inicializa binding para hacer referencia a los elementos UI.
- **Obtener ubicación actual:** Llama al método `getCurrentLocation` para obtener la ubicación del usuario.
- **Botón de “Crear una alerta”:** Configura el botón para mostrar un mensaje de “Alerta creada” cuando se hace clic.
- **Configurar selección de tipo de piel:** Aquí se configuró los listeners para los tipos de piel (I a VI). Cuando el usuario selecciona un tipo de piel, se actualiza el tiempo máximo de exposición al sol y se muestra una descripción del tipo de piel.

4. Selección del tipo de piel

El método `setupSkinTypeSelection()` configura los `OnClickListener` para cada tipo de piel. Cuando un tipo de piel es seleccionado, se actualiza

la variable `selectedSkinType` y se muestra la descripción del tipo de piel en la UI.

5. Cálculo del tiempo máximo de exposición

El método `updateMaxExposureTime()` calcula el tiempo máximo recomendado de exposición al sol basado en el índice UV actual y el tipo de piel seleccionado.

Cada tipo de piel tiene un método específico que define el tiempo máximo de exposición dependiendo del índice UV:

- Tipo I: Muy sensible, se quema con facilidad, tiempos muy cortos de exposición
- Tipo VI: Piel muy oscura, más resistente al sol, puede exponerse por más tiempo.

6. Obtención de la ubicación y el índice UV

- `getCurrentLocation()`: Este método obtiene la última ubicación conocida del dispositivo utilizando `FusedLocationProviderClient`. Si la ubicación está disponible, se actualiza la UI con las coordenadas de latitud y longitud. Después, se llama al método `getUvIndex()` para obtener el índice UV en esa ubicación.
- `getUvIndex(latitude, longitude)`: Este método hace una llamada a la API para obtener el índice UV utilizando Retrofit. Llama a un servicio API que devuelve los índices UV por hora. Luego, se actualiza la UI con el índice UV actual y el nivel de riesgo (bajo, moderado, alto, etc.).

7. Lógica del índice UV y las alertas

- `getUvLevelText(uvIndex)`: Este método clasifica el índice UV en diferentes niveles de riesgo: Bajo, Moderado, Alto, Muy alto, y Extremo.
- `sendUvAlert(uvIndex)`: Si el índice UV es alto (por ejemplo, mayor o igual a 8), este método crea una notificación de alerta usando `NotificationCompat`. La notificación avisa al usuario de que el índice UV es alto y le recomienda proteger su piel.

8. Permisos de ubicación y notificaciones

- **Permiso de ubicación:** La aplicación necesita permisos de ubicación (`ACCESS_FINE_LOCATION`). Si el permiso no se ha concedido, se solicita al usuario. Si el permiso es otorgado, se obtiene la ubicación actual.
- **Permiso para notificaciones:** Si se va a mostrar una notificación (por ejemplo, cuando el índice UV es alto), la aplicación también necesita el permiso para mostrar notificaciones (`POST_NOTIFICATIONS`).

9. Método `onRequestPermissionsResult`

Este método maneja las respuestas de las solicitudes de permisos. Si el permiso de ubicación es otorgado, se vuelve a intentar obtener la ubicación actual.

Resumen de lo que hace la aplicación:

- a. **Obtener la ubicación del usuario:** Usa `FusedLocationProviderClient` para obtener las coordenadas actuales.
- b. **Obtener el índice UV actual:** Llama a una API externa para obtener el índice UV actual según la ubicación del usuario.
- c. **Seleccionar tipo de piel:** El usuario puede seleccionar su tipo de piel, y la aplicación calcula el tiempo máximo recomendado de exposición al sol según el índice UV.
- d. **Alertas UV:** Si el índice UV es alto, la aplicación envía una notificación de alerta al usuario.
- e. **Interfaz de usuario dinámica:** Se actualiza la UI con el índice UV, el nivel de riesgo y el tiempo máximo de exposición según el tipo de piel seleccionado.

De lo anterior se puede decir lo siguiente de `MainActivity.kt`:

Este código define la actividad principal (`MainActivity`) de una app que muestra el índice UV en función de la ubicación actual del usuario y el tipo de piel seleccionado. Aquí está el resumen de su funcionamiento:

- a. Obtener ubicación: Al iniciar la actividad, solicita la ubicación actual del usuario usando el `FusedLocationProviderClient` de Google. Si el permiso de ubicación no ha sido otorgado, solicita el permiso al usuario.
- b. Tipos de piel: Los usuarios pueden seleccionar su tipo de piel (de tipo I a VI) tocando las imágenes correspondientes. Según el tipo de piel, se calcula y muestra el tiempo máximo de exposición al sol basado en el índice UV actual.
- c. Índice UV: El código llama a una API usando Retrofit para obtener el índice UV para la ubicación actual. Este índice se muestra en la interfaz, y si es alto (por encima de 8), la app genera una notificación de alerta UV.
- d. Notificaciones: Si el índice UV es alto, se envía una notificación al usuario alertando sobre el riesgo para la piel.
- e. Permisos: El código gestiona los permisos necesarios, como la ubicación y las notificaciones, para asegurarse de que la app pueda acceder a estos recursos cuando sea necesario.

El flujo y procedimiento es el siguiente:

- a. La app obtiene la ubicación del usuario.
- b. Llama a la API para obtener el índice UV.
- c. Muestra el índice UV y calcula el tiempo seguro de exposición al sol según el tipo de piel seleccionado.
- d. Si el índice UV es alto, envía una notificación alertando al usuario.

Este proceso permite que el usuario se mantenga informado sobre los niveles de radiación UV en su ubicación y reciba recomendaciones de seguridad.

Figura 19. Creación de RetrofitClient.kt

```
39 import retrofit2.Retrofit
40 import retrofit2.converter.gson.GsonConverterFactory
41
42 object RetrofitClient {
43     private const val BASE_URL = "https://api.open-meteo.com/"
44
45     val retrofitInstance: Retrofit by lazy {
46         Retrofit.Builder()
47             .baseUrl(BASE_URL)
48             .addConverterFactory(GsonConverterFactory.create())
49             .build()
50     }
51
52     val api: WeatherApiService by lazy {
53         retrofitInstance.create(WeatherApiService::class.java)
54     }
55 }
```

Fuente: Raymundo García (2024).

Figura 20. Importación de librerías

```
import retrofit2.Retrofit
import retrofit2.converter.gson.GsonConverterFactory
```

Fuente: Raymundo García (2024).

Nota. Aquí se importan las clases necesarias de la librería Retrofit: Es la clase principal para crear una instancia que hará las solicitudes HTTP. GsonConverterFactory: Es un conversor que convierte los datos JSON recibidos en objetos de Kotlin, utilizando la librería Gson.

```
41
42 object RetrofitClient {
43
```

Fuente: Raymundo García (2024).

Nota. Se utiliza un objeto de instancia única para crear y mantener una sola instancia de Retrofit. Ello garantiza que no se cree una nueva instancia cada vez que se haga una solicitud, lo cual es una buena práctica para evitar sobrecarga de recursos.

Figura 22. Definición de la URL base

```
private const val BASE_URL = "https://api.open-meteo.com/"
```

Fuente: Raymundo García (2024).

Nota. Se define la URL base para las solicitudes de la API. Todas las solicitudes que se hicieron usaron esta base y se agregaron las rutas específicas para obtener la información deseada. En este caso, parece es la URL de una API de clima.

Figura 23. Creación de UvResponse.kt

```
package com.sevencorporation.rayos_uv

data class UvResponse(
    val hourly: HourlyData
)

data class HourlyData(
    val time: List<String>,
    val uv_index: List<Float> // índices UV correspondientes a las horas
)
```

Fuente: Raymundo García (2024).

Figura 24. Definición del paquete

```
package com.sevencorporation.rayos_uv
```

Fuente: Raymundo García (2024).

Nota. Esta línea se indica que el código pertenece al paquete com.sevencorporation.rayos_uv. En Android (y en Kotlin en general), los paquetes ayudan a organizar el código de manera jerárquica.

Figura 25. Data Class UvResponse

```
data class UvResponse(
    val hourly: HourlyData
)
```

Fuente: Raymundo García (2024).

Nota. data class: En Kotlin, una clase marcada como data tiene una serie de funcionalidades automáticamente generadas, como métodos toString(), equals(), hashCode(), etc. Ello es útil para almacenar datos que se representan en objetos. UvResponse es una clase que tiene un solo atributo, hourly, que es de tipo HourlyData. Este es un modelo que representa la respuesta de datos relacionados con la radiación UV. Para ello UvResponse fue la respuesta de una API, la cual brinda información sobre la radiación UV en un conjunto de horas.

Figura 26. Data Class HourlyData

```
16 data class HourlyData(  
17     val time: List<String>, //  
18     val uv_index: List<Float> //  
19 )
```

Fuente: Raymundo García (2024).

Nota. HourlyData: Esta es otra clase de datos que contiene información sobre los índices UV a lo largo de un periodo de tiempo (horas). Está compuesta por dos propiedades: time: Una lista de cadenas de texto (List<String>) que representa las horas en las que se miden los índices UV. Un ejemplo podría ser una lista como ["2024-11-17T10:00", "2024-11-17T11:00", ...], donde cada cadena es una fecha y hora específica. uv_index: Una lista de números de punto flotante (List<Float>) que representa el índice UV correspondiente a cada hora en la lista time. Por ejemplo, si la lista de horas tiene 24 entradas, uv_index debería tener 24 valores que indiquen la radiación UV para esas horas específicas.

Figura 27. Creación de WeatherApiService

```
package com.sevencorporation.rayos_uv  
  
import retrofit2.Call  
import retrofit2.http.GET  
import retrofit2.http.Query  
  
@interface WeatherApiService {  
    @GET("v1/forecast")  
    fun getUvIndex(  
        @Query("latitude") latitude: Double,  
        @Query("longitude") longitude: Double,  
        @Query("hourly") hourly: String = "uv_index" // Solicitamos el índice UV por hora  
    ): Call<UvResponse>  
}
```

Fuente: Raymundo García (2024).

Nota. Este código utiliza Retrofit, una librería popular en Android para interactuar con APIs Web de manera sencilla. Desglosando el código de la siguiente manera:

Figura 28. Paquete y librerías importadas

```
package com.sevencorporation.rayos_uv

import retrofit2.Call
import retrofit2.http.GET
import retrofit2.http.Query
```

Fuente: Raymundo García (2024).

- `package com.sevencorporation.rayos_uv`: el código está dentro del paquete `com.sevencorporation.rayos_uv`.
- `import retrofit2.Call`: importa la clase `Call` de Retrofit. Un `Call` representa una solicitud HTTP que se puede ejecutar de forma síncrona o asíncrona para obtener la respuesta de la API.
- `import retrofit2.http.GET`: importa la anotación `GET` de Retrofit, que indica que la solicitud HTTP será de tipo `GET`.
- `import retrofit2.http.Query`: importa la anotación `Query` de Retrofit, que se usa para enviar parámetros de consulta (query parameters) en la URL de la solicitud.

Figura 29. Configuración `WeatherApiService`

```
21
22 @interface WeatherApiService {
23     @GET("v1/forecast")
24     fun getUvIndex(
25         @Query("latitude") latitude: Double,
26         @Query("longitude") longitude: Double,
27         @Query("hourly") hourly: String = "uv_index"
28     ): Call<UvResponse>
29 }
```

Fuente: Raymundo García (2024).

Nota. Este código define un servicio para interactuar con una API, la cual brinda información sobre el índice UV. La interfaz `WeatherApiService` tiene un método llamado `getUvIndex` que, cuando se le llama, hace una solicitud a un servidor para obtener los datos del índice UV para una ubicación específica. Para eso, se necesita pasarle tres cosas: la latitud y longitud de la ubicación (para saber en qué parte del mundo estamos buscando) y un parámetro llamado `hourly` que le dice a la API que queremos los datos del índice UV por hora (si no se le pasa otro valor, por defecto será “uv_index”). El método devuelve un `Call<UvResponse>`, que es una representación de la solicitud HTTP. Luego, cuando se ejecute esa solicitud, la API nos enviará una respuesta que contendrá los datos del índice UV por hora, y Retrofit se encarga de convertir esa respuesta en un objeto que podremos usar en la aplicación.

Capítulo V

*Análisis Comparativo y Validación de la Aplicación Móvil
para Monitoreo de Radiación UV*

El desarrollo de la aplicación móvil se ejecutó dentro del entorno de desarrollo integrado Android Studio, siguiendo la misma línea metodológica implementada por Taipe (2023) en su investigación sobre estimación del índice ultravioleta. La aplicación creada integra un conjunto de interfaces especializadas que permiten registrar el perfil demográfico y las características dermatológicas del usuario, incorporando un sistema de geolocalización automática que detecta la posición del dispositivo y realiza estimaciones en tiempo real del índice de radiación ultravioleta. Este sistema de monitoreo continuo determina el nivel de riesgo según los estándares establecidos por la Organización Mundial de la Salud y genera recomendaciones personalizadas de fotoprotección basadas en las directrices internacionales para la prevención del daño actínico acumulativo. La aplicación desarrollada por Taipe (2023) presenta una arquitectura de interfaz centrada en la visualización inmediata del índice UV estimado, organizando la información en una pantalla principal que muestra los niveles de radiación según la clasificación de la OMS, los valores numéricos específicos del índice UV calculado por el algoritmo, y un menú de opciones que incluye precauciones recomendadas, información técnica sobre la aplicación y la funcionalidad de cierre del sistema. Al seleccionar la opción de precauciones, la aplicación transiciona a una pantalla secundaria que detalla las medidas preventivas para evitar lesiones dermatológicas, tal como lo establecen los protocolos de la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2003), ofreciendo además la posibilidad de recalcular el índice UV o finalizar la sesión de uso.

La comparación metodológica entre los resultados reportados por Taipe (2023) y los obtenidos en la presente investigación revela significativas convergencias en el enfoque de desarrollo de aplicaciones móviles para monitoreo de radiación ultravioleta. Ambas soluciones tecnológicas comparten una finalidad común centrada en la prevención del daño dermatológico mediante la provisión de información accesible y oportuna sobre los niveles de exposición UV, además de emplear paradigmas de diseño de interfaz caracterizados por su simplicidad operativa y accesibilidad cognitiva para usuarios no especializados. Esta similitud en los enfoques de diseño refleja la evolución convergente en el campo de las aplicaciones de salud móvil, donde la usabilidad se constituye como un factor crítico para la adopción y uso sostenido de estas herramientas preventivas. Las interfaces

intuitivas implementadas en ambas aplicaciones facilitan la interpretación inmediata de los niveles de radiación y la implementación de las medidas de protección correspondientes, reduciendo así la brecha entre la información técnica especializada y la capacidad del usuario final para traducirla en comportamientos protectores efectivos. Esta armonización en los principios de diseño evidencia la maduración del campo de las aplicaciones de fotoprotección, donde se estabilizan gradualmente las mejores prácticas para la presentación de información compleja sobre riesgo ambiental en formatos digeribles y accionables para la población general.

Evaluación de la Efectividad y Alcance del Sistema de Alerta UV

El desarrollo exitoso del simulador de alerta para mitigar el impacto de la radiación solar ultravioleta en la población universitaria representa un hito significativo en la aplicación de tecnologías móviles para la salud pública institucional. La aplicación creada, desarrollada en Android Studio, implementa un algoritmo sofisticado que calcula el índice UV mediante la integración de datos del sensor de luz ambiental del dispositivo móvil con el modelo espectral de radiación solar, utilizando como parámetros de entrada la posición geográfica precisa, el día juliano para cálculos astronómicos y la hora actual en tiempo real. Este enfoque multidimensional permite superar las limitaciones de las aplicaciones convencionales que dependen exclusivamente de datos de estaciones meteorológicas remotas, ofreciendo instead mediciones hiperlocales que reflejan con mayor precisión las condiciones microclimáticas específicas del campus universitario. Las interfaces de usuario implementadas priorizan la simplicidad operativa y la accesibilidad cognitiva, capturando automáticamente la ubicación del usuario mediante los sistemas de posicionamiento del dispositivo y presentando el cálculo del índice ultravioleta mediante visualizaciones intuitivas que transforman datos técnicos complejos en información accionable inmediatamente comprensible incluso para usuarios con alfabetización tecnológica limitada. La arquitectura algorítmica central combina la estimación del índice UV basada en el sensor de luz ambiental con el modelo teórico espectral de radiación solar para superficies horizontales bajo condiciones de cielo despejado, creando así un sistema híbrido que

compensa las limitaciones individuales de cada método mediante su integración sinérgica.

El análisis comprehensivo del impacto de la radiación UV en la población universitaria se ejecutó mediante la aplicación sistemática de instrumentos de evaluación validados, cuyos resultados demuestran mejoras significativas en todos los indicadores medidos durante la etapa posttest en comparación con las mediciones iniciales del pretest. El análisis dimensional de los resultados, presentado desde la Tabla 4 hasta la Tabla 22 del documento de investigación, revela avances sustanciales en tres dimensiones fundamentales: el conocimiento sobre los riesgos de la radiación ultravioleta, la adopción de comportamientos protectores y la percepción de la efectividad de las intervenciones institucionales. Estas mejoras transversales sugieren que la implementación de la aplicación móvil, complementada con las estrategias educativas asociadas, generó un efecto positivo multidimensional que trasciende la mera provisión de información para influir significativamente en las conductas preventivas y las percepciones de riesgo de la comunidad universitaria. La consistencia de estos resultados a través de múltiples indicadores y dimensiones refuerza la validez interna del estudio y sugiere la potencial replicabilidad de la intervención en otros contextos educativos con características demográficas y ambientales similares. La recopilación y procesamiento meticuloso de datos ambientales permitió caracterizar con precisión el perfil de riesgo ultravioleta en el campus universitario, determinando que el 22.2% de las mediciones se ubicaron en el nivel bajo de radiación UV (representado por el color verde), el 42.2% en el nivel moderado (color amarillo), el 32.8% en el nivel alto (color naranja) y el 2.8% en el nivel muy alto (color rojo), mientras que no se registraron mediciones en el nivel extremo durante el período de estudio. Esta distribución de frecuencias evidencia que la comunidad universitaria se expone regularmente a niveles de radiación ultravioleta que requieren implementación sistemática de medidas protectoras, particularmente considerando que más de un tercio de las mediciones se ubicaron en los niveles alto y muy alto de riesgo dermatológico.

Recomendaciones Estratégicas para la Sostenibilidad Institucional

A la luz de los hallazgos de la investigación, se recomienda encarecidamente que las autoridades de la Universidad Nacional de Piura evalúen la implementación prioritaria de políticas institucionales dirigidas a la adecuación ambiental de los espacios educativos y comunes donde estudiantes y docentes desarrollan sus actividades académicas y de esparcimiento. Estas intervenciones arquitectónicas y paisajísticas deberían incluir la instalación de estructuras de sombra permanentes mediante techos especializados, la implementación de estrategias de forestación activa mediante la siembra de árboles de dosel amplio que proporcionen sombra natural, y el desarrollo de áreas verdes adicionales que minimicen el efecto de isla de calor y reduzcan la reflectividad superficial de la radiación ultravioleta. Estas modificaciones ambientales constituirían intervenciones estructurales de prevención primaria que complementarían efectivamente las estrategias comportamentales promovidas through la aplicación móvil, creando así un enfoque integral de mitigación del riesgo UV que combine la modificación del entorno construido con el empoderamiento individual mediante tecnología móvil. Tales intervenciones se alinean con los principios de diseño bioambiental y las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud para la creación de entornos educativos saludables que protejan simultáneamente la salud dermatológica de la comunidad universitaria y promuevan la sostenibilidad ambiental del campus.

En este mismo contexto tecnológico, resulta imperativo que la institución considere la implementación de un sistema robusto de conectividad inalámbrica (Wi-Fi) que cubra la totalidad del campus universitario, garantizando así el acceso permanente y estable a la aplicación móvil desarrollada. Esta infraestructura de conectividad omnipresente facilitaría la actualización en tiempo real de los datos de radiación UV y el funcionamiento óptimo de las funcionalidades de geolocalización, viabilizando así el cuidado y protección continuos contra la radiación ultravioleta mediante el uso sostenido de la herramienta tecnológica. La garantía de conectividad constante representa un requisito fundamental para la efectividad a largo plazo de la intervención, particularmente en un contexto donde la accesibilidad económica a planes de datos móviles puede constituir una

barrera para segmentos de la población estudiantil. Finalmente, se recomienda expandir el desarrollo de aplicaciones móviles beyond el ecosistema Android, explorando entornos de desarrollo alternativos y realizando evaluaciones comparativas de rendimiento en función de los sensores específicos integrados en dispositivos de diferentes gamas tecnológicas. Esta diversificación permitiría consolidar la versatilidad multiplataforma de la solución, asegurando su accesibilidad universal independientemente de las preferencias tecnológicas y la capacidad económica de los usuarios, mientras se generan datos comparativos valiosos sobre el rendimiento métrico de diferentes configuraciones hardware-software en el contexto específico del monitoreo ambiental mediante dispositivos móviles consumer-grade.

Referencias

- American Cancer Society. (2019). *Cancer Prevention & Early Detection Fact & Figures 2021-2022*.
- APA-USA. (2021). Pasos a tomar para protegerse del sol. <https://acortar.link/9B7Au>
- Benavides, B. (2010). *Información Técnica sobre la Radiación Ultravioleta, el índice UV y su Pronóstico*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales–IDEAM. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales–IDEAM.
- Cardenas Antón, G. (2020). *Impacto de la radiación UV en los alumnos de la Escuela Naval Militar*. Universidad de Vigo.
- Chambi Laura, V. N. (2018). *Estudio y análisis de la actividad solar, radiación solar global y radiación UV en la ciudad de Arequipa*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa–Escuela de Posgrado.
- Facundo Orte, P. (2017). *Procesamiento de señales de una radómetro de ondas milimétricas para obtener perfiles de ozono y estudios de la radiación solar UV en superficies*. Universidad de Nagoya.
- Ghiani, E., Pilo, F., & Cossu, S. (2014). Evaluation of photovoltaic installations performances in Sardinia. *Energy Conversion and Management*, 76, 1134-1142.
- Gobierno de Navarra. (2019). Radiación ultravioleta. <https://acortar.link/HY6Y2c>
- Gómez Sarduy, J. R., Puerta Fernandez, J., Gonzáles Alén, A., & Gálvez, M. G. (2015). *Direct and diffuse solar radiation determination at the Venezuelan seashore by using meteorological variables*. Universidad de Zulia.
- Gutierrez, P., & Limón, I. (s.f.). *Centro de entrenamiento y evaluación de habilidades clínicas*. Universidad Veracruzana.
- Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Interamericana.
- Instituto Nacional del Cáncer. (2020). Diccionario del NCI. <https://acortar.link/MdIl5W>

- Mendoza, E., & Raymunde, M. (2018). *Conocimiento y actitud sobre los efectos de la radiación solar en las estudiantes de nivel secundario de la institución educativa estatal 09 de diciembre*. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- Meteogalicia. (2019). Glosario de meteorología. <https://acortar.link/1094FK>
- Ministerio del Ambiente. (2019). *Radiación Ultravioleta UV B en Arequipa*. Boletín, Senamhi.
- Obando, E., & Vargas, W. (2016). Desempeño de un sistema fotovoltaico autónomo frente a condiciones medioambientales de una región en particular. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 40(154), 52-63.
- Obando, E. (2018). *Modelo de pronóstico de radiación solar basado en Machine Learning*. Universidad Nacional de Colombia.
- OMS & OMM. (2003). *Índice UV solar mundial*. INTERSUN.
- Organización Mundial de la Salud. (2022, 6 de julio). Cáncer de piel. <https://www.who.int/es/home>
- Pathak, M. A. (1996). Progress and perspectives on photoprotection of human skin against UVB and UVA radiation. *The Journal of Dermatology*, 23, 783-800. <https://doi.org/10.1111/j.1346-8138.1996.tb02692.x>
- Raymundo García, C. A. (2024). *Diseño de un sistema de alerta para mitigar del impacto de la radiación solar UV en la población universitaria de la Universidad Nacional de Piura* [Tesis de doctorado, Universidad Nacional de Piura].
- Perez, R., David, M., Hoff, T., Kilavov, S., & Kleissl, J. (2015). *Spatial and temporal variability of solar energy*. Arsc.
- Quispe Huamán, W. (2019). *Sistema inalámbrico móvil de monitoreo remoto de radiación ultravioleta solar para la prevención de daños por eritema en la piel de las personas en el distrito de pampas-Tayacaja*. Universidad Nacional de Huancavelica.
- Redacción Médica. (2012). Cáncer de piel aumentan 50 mundo. <https://acortar.link/IYOFwr>

- Scientific Committees. (2020). Glosario. European Commission. <https://acortar.link/QXpeGF>
- Senamhi. (2017). Niveles de radiación ultravioleta entre moderados y altos en el país. <https://acortar.link/uAfsr5>
- Senamhi. (2020). *Boletín mensual vigilancia de la radiación UV-B en ciudades del país*, 6.
- Senamhi. (2021). *Boletín mensual vigilancia de la Radiación UV-B en ciudades del país*, 9.
- Senamhi. (2022). *Boletín mensual vigilancia de la radiación UV-B en ciudades del País*. Senamhi.
- Solarama. (2019). Conoce qué son los sistemas fotovoltaicos y su función. <https://acortar.link/RF3L8H>
- Taípe, C. (2023). *Implementación de una app móvil para estimar el índice ultravioleta en tiempo real*. Universidad Nacional del Antiplano.
- Utrillas, M., Marín, M., Estellés, V., Gandía, S., & Núñez, J. (2013). Ten years of measured UV Index from the Spanish UVB Radiometric Network. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 125, 1-7.
- Verma, S., & Verma, K. (2013). Modeling & analysis of standalone photovoltaic system. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 2(2), 1-5.
- Zschimmer & Schwarz. (2020). Que-significa-spf-y-otras-dudas-sobre-tu-protector-solar. <https://acortar.link/PXXLc9>
- Zulueta, J. (2015). *Método inductivo y método deductivo*. Estrategias de razonamiento lógico.



Religación
Press
Ideas desde el Sur Global



Religación
Press

ISBN: 978-9942-561-89-3



9 789942 561893